

---

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 – Informační technologie

## **Hodnocení individuálního a společenského rizika při průniku kontaminace z hlubinného úložiště radioaktivních odpadů**

## **Evaluation of the individual and the social risks of the surface area contamination caused by nuclear waste from the underground depository**

### **Diplomová práce**

Autor: **Bc. Milan Váňa**

Vedoucí práce: Ing. Josef Chudoba, Ph.D.

V Liberci 19. 5. 2011

---

## PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce, a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít svoji diplomovou práci či poskytnout licenci k jeho využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Chudobovi PhD., za podporu při vedení této práce, za jeho ochotu, konzultace a případné připomínky při vypracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům za podporu a umožnění studií.

Tato diplomová práce byla vytvořena s finanční podporou projektu Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy České republiky – výzkumné centrum Pokročilé sanační technologie a procesy, číslo projektu 1M0554.

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá získáním vhodných dat pro následovné stanovení hodnot individuálního a společenského rizika v oblasti melechovského masivu (předpokládaná oblast hlubinného úložiště radioaktivních odpadů). Tato oblast je již dlouho zkoumána a na základě průzkumů byl vytvořen 3D model reprezentující tuto oblast, který je tvořen elementy (trojúhelníky případně čtyř stěny). Takto vytvořený model slouží jako vstupní data pro program Flow123D, jehož modifikované výstupy koncentrací reprezentují individuální riziko pro každý element.

Pro výpočet individuálního rizika se využijí hodnoty koncentrace na povrchových elementech. Proto z výstupních dat Flow123D byla vybrána pouze ta, která tvoří povrch zkoumané oblasti. Pro stanovení společenského rizika je nutné znát hodnotu individuálního rizika na elementu a počet žijících osob na elementu.

K modifikování dat programu Flow123D je využito aplikace *program pro práci se soubory mm\_t.pos*, která nedává přímý výstup použitelný pro potřeby výpočtu individuálního a společenského rizika, proto byl vyvinut software *UpravaDat*, který data vhodně modifikuje.

Stanovení hodnoty společenského rizika je realizováno pomocí aplikací QunatumGIS a ArcGIS. QunatumGIS umožňuje načtení a georeferencování dat do mapy. Aplikace ArcGIS umožní pomocí vestavěných nástrojů ze vstupních dat stanovit společenské riziko a podat grafické vyobrazení dat.

Práce dává jeden z možných postupů jak pomocí geografických informačních systémů stanovit společenské riziko v oblasti melechovského masivu.

**Klíčová slova:** individuální a společenské riziko, melechovský masiv, Flow123D, Quantum GIS, ArcGIS.

## ABSTRACT

This diploma thesis is concerned with relevant data acquisition for further establishment of individual and social risks in area of the melechov massif (expected area of deep disposal of radioactive waste). This locality is examined already for a long time and based on surveillance data a 3D model representing this area was created, it is made of elements (triangles and tetrahedron) Model created in this manner is used as an input for Flow 123D application. Modified outputs from this program represent individual risks for each element.

For computation of individual risks concentration values from surface elements are used. For this reason only the data corresponding to surface areas were selected from Flow123 outputs. To estimate social risks, individual risks and amount of residents of an element have to be known.

To modify the data from Flow123D application the program *program pro praci se soubory mm\_t.pos* was used. This program does not provide direct output usable for computing the individual and social risks, therefore additional software called *UpravaDat* was created.

The evaluation of values of social risks is realized though application called QunatumGIS and ArcGIS. QunatumGIS allows the geographical data to be loaded to a map while ArcGIS allows to establish the value of social risks and provide the graphical representation through inbuilt modules.

This work shows one of possible guidelines on how to compute social risks in melechov massif using geographical information systems.

**Key words:** individual and social risk, melechov massif, Flow123D, Quantum GIS, ArcGIS.

## OBSAH

PROHLÁŠENÍ .....	3
PODĚKOVÁNÍ .....	4
ABSTRAKT .....	5
ABSTRACT .....	6
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....	9
1. ÚVOD.....	10
2. TEORETICKÁ ČÁST .....	11
2.1 Zdroje rizika .....	11
2.2 Příjemci rizika.....	11
2.3 Individuální riziko .....	12
2.4 Společenské riziko .....	12
2.5 Jednotkové individuální riziko.....	12
2.6 Jednotkové společenské riziko .....	12
2.6.1 Výpočet jednotkového společenského rizika.....	13
3. GIS .....	14
3.1 Základní součásti GISu.....	14
3.2 Geodata, geoobjekty .....	15
3.3 Shapefile.....	17
3.4 ArcGIS .....	18
3.5 Quantum GIS .....	18
4. MELECHOVSKÝ MASIV .....	20
5. PROGRAM FLOW123D .....	23
6. VSTUPNÍ DATA .....	24
6.1 Práce se softwarem <i>program pro práci se soubory mm_tpos</i> .....	25
6.1.1 Získání souboru se souřadnicemi elementů .....	26
6.1.2 Získání souboru pravděpodobností pro zadanou koncentraci .....	27

6.2	Software na úpravu dat .....	29
6.2.1	Úprava dat .....	29
6.2.2	Práce se softwarem <i>UpravaDat</i> .....	30
6.2.3	Výstupní data .....	31
6.2.4	Zdrojový kód softwaru <i>UpravaDat</i> .....	32
7.	ZPRACOVÁNÍ DAT SOFTWAREM QuantumGIS .....	36
7.1	Vytvoření vektorové vrstvy ze získaných dat .....	36
7.2	Georeferencování dat .....	40
8.	ZPRACOVÁNÍ SOFTWAREM ARCGIS .....	43
8.1	Získání počtu obyvatel v oblasti melechovského masivu .....	43
8.2	Vytvoření vrstvy obyvatel.....	45
8.3	Vytvoření vrstvy nesoucí hodnoty pravděpodobností pro zvolenou koncentraci v čase .....	48
8.4	Výpočet hodnot rizika.....	50
8.5	Grafické zobrazení dat .....	52
9.	UKÁZKOVÉ PŘÍKLADY .....	55
9.1	Příklad 1 .....	57
9.2	Příklad 2 .....	59
9.3	Znázornění faktů do grafů.....	61
10.	ZÁVĚR.....	66
11.	POUŽITÁ LITERATURA.....	68
	PŘÍLOHA 1 .....	71

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1; Ukázka příkladu tematických vrstev v GIS [11].....	17
Obrázek 2; Horninové složení melechovského masivu [18]. ....	21
Obrázek 3; Výpočtová síť oblasti melechovského masivu.....	22
Obrázek 4; Vzhled aplikace při spuštění .....	25
Obrázek 5; Vzhled aplikace <i>UpravaDat</i> .....	31
Obrázek 6; Zpráva o dokončení.....	31
Obrázek 7; Okna aplikace QGIS se zvýrazněnými částmi .....	37
Obrázek 8; Okno pro vytvoření nové vrstvy ze souboru s odděleným textem.....	38
Obrázek 9; Ukázka mapového podkladu oblasti melechovského masivu .....	41
Obrázek 10; Okno pro načtení vstupních souborů .....	46
Obrázek 11; Znázorněný výběr vhodných elementů .....	48
Obrázek 12; Ukázka okna Field Calculator .....	51
Obrázek 13; Okno pro nastavení vlastností rastrové vrstvy.....	53
Obrázek 14; Náhled vrstvy obsahující původní i upravené souřadnice elementů. ....	55
Obrázek 15; Graficky znázorněn výskyt obyvatel v oblasti melechovského masivu.....	56
Obrázek 16; Graficky znázorněné pravděpodobnosti pro koncentraci 10 v čase 5 000 let...57	
Obrázek 17; Graficky znázorněny poškození lidé pro koncentraci 10 v čase 5 000 let .....	58
Obrázek 18; Graficky znázorněné pravděpodobnosti pro koncentraci 10 v čase 50 000 let .59	
Obrázek 19; Graficky znázorněny poškození lidé pro koncentraci 10 v čase 50 000 let .....	60
Obrázek 20; Graf závislosti pravděpodobnosti na koncentraci pro element 3 873 .....	62
Obrázek 21; Graf závislosti poškozených obyvatel na koncentraci v čase 50 000 let.....	63
Obrázek 22; Graf závislosti poškozených obyvatel na čase pro koncentrace 1 a 10 .....	64
Obrázek 23; Graf závislosti poškozených obyvatel na čase pro koncentrace 100 a 1 000 ...	64
Obrázek 24; Graf závislosti poškozených obyvatel na čase pro koncentrace 10 000 a 50 000 ...	65
Tabulka 1; Ukázka vyexportovaných souřadnic elementů .....	26
Tabulka 2; Ukázka vyexportovaných pravděpodobností pro koncentraci 10 .....	28
Tabulka 3; Ukázka výstupního souboru <i>upravena_data.csv</i> .....	32
Tabulka 4; Seznam obcí vyskytujících se v oblasti melechovského masivu.....	43
Tabulka 5; Seznam obcí včetně počtu obyvatel .....	44



## 1. ÚVOD

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku hodnocení individuálního a společenského rizika v oblasti předpokládaného hlubinného úložiště, které se nachází v oblasti melechovského masivu. Tato oblast je dlouhodobě zkoumána a na základě průzkumů vnitřního složení byl vytvořen simulační 3D model tvořen z elementů, který slouží jako vstup pro program Flow123D (*kapitola 5*). Vstupními daty pro tuto práci jsou výstupní data z programu Flow123D, který umožňuje výpočet simulačních úloh umožňující řešit výpočty podzemního proudění, transport kontaminantů a jejich působení na prostředí, kterým se šíří.

K zpracování dat vystupujících z programu Flow123D bylo využito software s názvem *program pro práci se soubory mm\_t.pos* (*kapitola 6.1*), který filtruje výstup z programu Flow123D a umožňuje export souboru pravděpodobností pro zvolenou koncentraci a souřadnice všech elementů. Z těchto souřadnic za pomoci navrženého software *UpravaDat* (*kapitola 6.2*) se vyberou pouze elementy tvořící povrch oblasti a jejich souřadnice se transformují na jeden bod tvořící těžiště elementu. Tato úprava se provedla z důvodu, aby data šla zpracovat programem GIS (*kapitola 3*), pomocí něhož je celé stanovení společenského rizika realizováno.

Pro práci bylo využito software Quantum GIS (*kapitola 7*) a ArcGIS (*kapitola 8*) díky nimž se vstupní data (zkoumaná oblast tvořená elementy) georeferencovala do skutečné oblasti výskytu. Následně se vytvořily graficky znázorněné výstupy pravděpodobností pro zvolenou koncentraci (doplňk představuje jednotkové individuální riziko). Obdobně grafické výstupy pro výskyt lidí v dané oblasti a počet poškozených lidí, jejichž součinem získáme jednotkové společenské riziko.

*Kapitoly 7 a 8* mohou sloužit i jako jeden z možných návodů jak postupovat při vytváření požadovaného výstupu.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

[1], [2], [3], [4]

V této kapitole budou vysvětleny základní pojmy, které jsou v diplomové práci využívány. Jedná se především o termíny individuální, společenské riziko, jednotkové individuální riziko (*kapitola 2.5*) a jednotkové společenské riziko (*kapitola 2.6*), s kterými budeme dále v práci pracovat. Tyto pojmy jsou pouze specifickým případem individuálního rizika a společenského rizika.

Samotné riziko je termín široce používaný v každodenním životě, ve vědě a v technice. Riziko lze obvykle definovat jako: Pravděpodobnost specifického nežádoucího jevu vzniklého během specifické periody nebo za specifických podmínek [2].

### 2.1 Zdroje rizika

Zdroje rizika můžeme rozdělit na dvě hlavní kategorie:

- Přírodní rizika – To jsou rizika, za jejichž vznikem stojí příroda. Můžeme sem tedy zařadit například špatné povětrnostní podmínky, povodně, zemětřesení, požáry.
- Technologická rizika – V současné době jsou technologická rizika vztažena prakticky ke všem lidským činnostem: energetický sektor, průmyslová výroba, chemické technologie, doprava, stavebnictví atd..

S rozvojem průmyslové výroby jsou často technologická rizika mnohem důležitější než přírodní zdroje rizika.

### 2.2 Příjemci rizika

Příjemci rizika jsou převážně lidé a životní prostředí. Obecně se může předpokládat, že například podnikatelský objekt může být příjemcem rizika, uvažujeme-li například finanční riziko, rizika z poškození zdraví či úmrtí nebo rizika z poškození životního prostředí. Avšak hlavními objekty vystavenými riziku jsou člověk a životní prostředí.

### **2.3 Individuální riziko**

Individuální riziko nám udává pravděpodobnost, s jakou v průběhu jednoho roku je nechráněná osoba postižena následky neočekávané události, jestliže se vyskytuje v blízkosti zdroje rizika. Individuální riziko nezávisí na hustotě populace v okolí zdroje rizika. Je závislá na nebezpečnosti vztažené k jednotlivci a pravděpodobnosti vzniku události.

### **2.4 Společenské riziko**

Společenské riziko je riziko, kterému je vystavena skupina lidí ovlivněných danou událostí. Je vyjádřena jako vztah mezi individuálním rizikem a počtem lidí, kteří budou při vzniku určité události určitým způsobem poškozeni. Společenské riziko lze definovat jako součin počtu ohrožených entit (obyvatel) v příslušném území a odpovídající hodnoty individuálního rizika. Společenské riziko je závislé na rozdělení populace v okolí zdroje rizika.

V praxi je snadnější a přehlednější provést výpočet individuálního rizika, který zahrnuje pravděpodobnost vzniku události a paralelně k němu stanovit počet ohrožených entit (obyvatel v ohrožené oblasti). Z údajů následně vypočítat společenské riziko.

### **2.5 Jednotkové individuální riziko**

Jednotkové individuální riziko, zkráceně JIR, udává hodnotu individuálního rizika v určitém místě, jestliže pravděpodobnost vzniku události někde je rovna jedné. Označuje tedy pravděpodobnost, s jakou osoba žijící v zkoumané oblasti bude postižena danou událostí.

### **2.6 Jednotkové společenské riziko**

Jednotkové společenské riziko, zkráceně JSR, udává hodnotu společenského rizika v určitém místě, jestliže pravděpodobnost vzniku události někde je rovna jedné. Jedná se tedy o riziko, kterému je vystavena skupina lidí ve zkoumané oblasti ovlivněných danou událostí.

### 2.6.1 Výpočet jednotkového společenského rizika

Danou zkoumanou oblast je třeba rozdělit do několika částí a pro každou část oblasti znát jednotkové individuální riziko (pravděpodobnost zasažení) a počet trvale žijících lidí (právě se vyskytujících). Jednotkové společenské riziko se pak vypočítá podle následujícího vzorce 2.1.

$$\sum_i P_i(t) \cdot X_i(t) \quad (2.1)$$

- $P_i(t)$  - pravděpodobnost vzniku rizika na zkoumané části oblasti v čase  $t$ ,
- $X_i(t)$  - počet obyvatel žijících na zkoumané části oblasti v čase  $t$ ,
- $i$  – udává počet částí zkoumané oblasti, tedy  $i$  je z intervalu  $\langle 1; \text{počet všech částí částí zkoumané oblasti} \rangle$ .

V diplomové práci bude prováděn výpočet jednotkového společenského rizika v úloze transportu kontaminace radioaktivních látek z hlubinného úložiště v oblasti melechovského masivu.

### 3. GIS

[4], [5], [6], [7], [8], [9]

Název pochází z anglického Geographic/Geographical Information System. GIS tedy znamená geografický informační systém.

Je poměrně těžké jednoznačně definovat GIS, protože existuje více různých přístupů k této problematice. Všeobecně jsou GIS většinou chápány jako speciální případ informačního systému, který je schopen provádět prostorové analýzy.

Při prostorových analýzách závisí výsledky na prostorovém uspořádání objektů a jejich vlastnostech. Jde tedy o soubor technik, které umí při analýze pracovat jak s informací o poloze objektu, tak s jeho popisnými informacemi (je to tedy nástroj, který ke grafickým informacím popisujícím umístění v prostoru přiřazuje data - vlastnosti).

Neumann [10] definuje GIS jako organizovanou kolekci počítačového technického vybavení, programového vybavení, prostorových dat a personálu určeného k účinnému sběru, ukládání, údržbě, manipulaci, analýze a zobrazování všech forem geograficky vztažených informací.

Zjednodušeně se dá tedy říci, že GIS chápeme jako počítačový systém umožňující ukládání, analyzování a využívání dat, která popisují nebo se jinak váží k místům na zemském povrchu (obecně v prostoru). Právě schopnost provádět prostorové analýzy odlišuje GIS od ostatních informačních systémů a od databází.

Jedna z přesných a vyčerpávajících odborných definic GIS je převzata ze serveru arcdata.cz [11] zní: „*Geografický informační systém je organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a zaměstnanců navržený tak, aby mohl efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat všechny druhy geograficky vztažených informací.*“

#### 3.1 Základní součásti GISu

Plnohodnotný geografický informační systém se stejně jako obecný informační systém - skládá ze 4 součástí:

- Hardware - nejčastěji osobní počítač s monitorem, skener pro možnost vstupu obrazových dat, tiskárna či plotter pro možnost mapového výstupu.
- Software - specializovaná sada programů pro analýzu a vizualizaci geodat.
- Data - nejdůležitější a často finančně nejnáročnější součást GISu.

- Pracovníci (uživatelé) – lidé se znalostmi geografie obsluhující informační technologie.

### 3.2 Geodata, geoobjekty

Geodata jsou data, se kterými GIS pracuje. Geoobjekty jsou informace, které mají přiřazené umístění. Skládají se tedy z:

- prostorové informace – (popisují polohu a tvar jednotlivých geografických prvků a jejich prostorové vztahy k dalším geografickým prvkům) a
- tematické informace (popisné informace o geografických prvcích).

Tyto geoobjekty je možné v GIS definovat pomocí čtyř různých dimenzí.

- 0D objekty - definované pouze svou polohou (bodem), bezrozměrné (domy, jednotlivé stromy),
- 1D objekty - úseky čar, s konečnou délkou a nulovou plochou (silnice, řeky, apod.),
- 2D objekty - definované polygonem s konečným obvodem a konečnou plochou (jezero, vodní nádrž, pole, les),
- 3D objekty - definované polyhedronem, používá se jen výjimečně. Třetí rozměr je nejčastěji modelován pomocí tzv. DMT (Digitálního modelu terénu).

Geoobjekty se stejným nebo podobným charakterem se sdružují do tzv. tematických mapových vrstev (*obrázek 1*). Takovými vrstvami mohou být například řeky, silnice, typy půd atd. Tato data existují například ve formě textů, tabulek, grafů, map, družicových snímků. V rámci GIS se pak setkáváme se dvěma základními typy dat, které se liší jak způsobem uložení v databázi, tak charakterem přiřazení tematické informace. Jsou to buď vektorová, nebo rastrová data.

#### Vektorová mapová vrstva

Snaha o vyjádření geometrických vlastností jevů na zemském povrchu pomocí lineárních charakteristik. Základními prvky vektorových dat jsou:

- Body - bodový prvek je vyjádřen diskretní polohou určenou souřadnicemi x,y,z.

- Linie - liniový prvek je sled orientovaných úseček definovaných souřadnicemi počátečního a koncového bodu.
- Plochy - plošný prvek je uzavřený obrazec, jehož hranice tvoří uzavřená linie.

Jedná se tedy převážně o menší objem dat pro rozsáhlé, ale snadno definovatelné objekty. Vektorovými daty se obtížněji definují spojitě přechody.

Typickým příkladem vektorových dat je výsledek digitalizace mapového podkladu.

#### Rastrová mapová vrstva

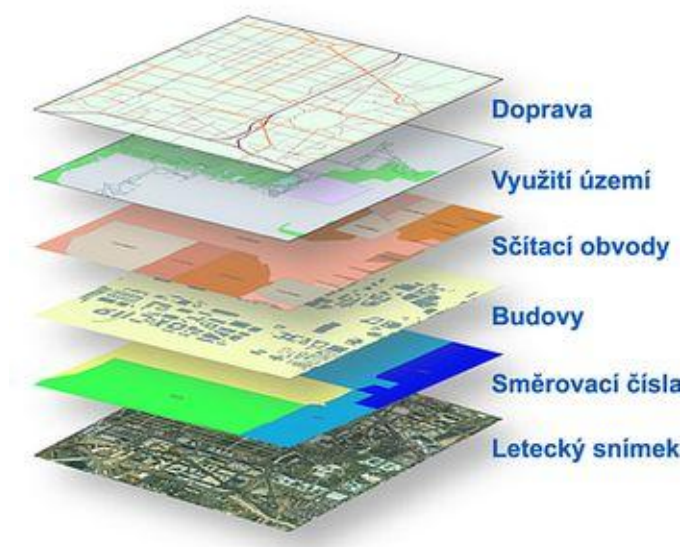
Definovaný prostor je reprezentován polem plošek (pixelů), ty lze interpretovat jako čtvercovou, trojúhelníkovou nebo šestiúhelníkovou síť. Ve většině případů se používá síť čtvercová, ostatní jen výjimečně ve specifických případech. Každé plošce je přiřazen výčtový nebo hodnotový atribut. Rozměr plošky je dostatečně malý na to, abychom mohli hodnotový atribut v jejím rámci považovat za konstantní.

Výhodou rastrových dat je rychlé nalezení odpovědi na polohové dotazy, kdy je zadáním souřadnice pixelu okamžitě získána informace o jeho obsahu. Další, neméně významnou výhodou je snadné překrývání a kombinace jednotlivých obrazů s různým tematickým obsahem.

Nevýhodou rastrových dat je jejich značná paměťová náročnost, daná velikostí pixelu.

Z obrázku 1 je tedy patrné, že skládáním vrstev nám vznikne mapový podklad obohacený o informace jako jsou například oblasti směrovacích čísel, umístění jednotlivých budov, sítě dopravy, využití dopravy a další. Což je jednou z hlavních výhod oproti papírovým mapám, protože z těchto dat se dají následně vyvozovat užitečné závěry. Jako například umístění nemocnic, obchodů, škol, simulace různých dějů (povodně, přesun obyvatelstva) a mnoho dalších. Velká většina dat pochází ze sčítání osob, bytů a domů. Takto získaná data lze převést do čísel a na základě nich hledat a navrhovat vylepšení.

Hlavním účelem GISu tedy není pouhá vizualizace geoobjektů a mapových vrstev, ale především jejich správa a zpracování.



**Obrázek 1;** Ukázka příkladu tematických vrstev v GIS [11].

### 3.3 Shapefile

[6]

Shapefile je formát firmy ESRI pro uložení vektorových dat s využitím principu relačních databází. Tento způsob ukládání je nejvíce rozšířen, z toho důvodu, že je používán firmou ESRI (poskytovatel softwaru ArcGIS). Formát Shapefile je definován alespoň třemi soubory s příponami SHP, DBF a SHX. Soubor SHP obsahují geometrické prvky, DBF tabulku obsahující hodnoty prvků a atributy a SHX indexaci prvků pro vyhledávání.

Jeden Shapefile může obsahovat pouze množinu prvků jednoho typu a jedné geometrie. Shapefile může reprezentovat bodový prvek (points), například dům, liniový prvek (lines), jako je silnice, nebo plošný prvek, jako je kraj. Soubor tvarů uchovává geometrickou polohu i atributové informace všech prvků.

Programů využívajících technologii GIS je celá řada. Mezi ty nejznámější se řadí především softwary Quantum GIS [12], GRASS GIS [13], Kristýna GIS [14], Kosmo GIS [15] a ArcGIS [16]. Každý je trochu jinak specifický svým zaměřením, ale všechny stojí na shodném základu. Pro další práci jsem zvolil systém ArcGIS ve verzi 9.2 a 9.3 (nejnovější dostupná verze je 10) a Quantum GIS (verze 1.5.0). viz kapitola 7 a 8.



### 3.4 ArcGIS

[16]

Systém ArcGIS firmy Esri tvoří řada škálovatelných produktů určených pro kompletní nasazení GIS na jakékoli úrovni. Součástí ArcGIS jsou desktopové, serverové i vývojářské produkty, nechybí ani řešení pro mobilní zařízení a specializované nadstavby.

Do kategorie ArcGIS Desktop spadají produkty ArcView, ArcEditor, ArcInfo a volně dostupný prohlížeč publikovaných map, ArcReader.

- ArcView slouží především k zobrazování dat GIS, jejich analýze a k tvorbě mapových výstupů. Disponuje základními nástroji pro tvorbu, správu a editaci dat.
- ArcEditor je určen všem, kdo chtějí vytvářet, upravovat a spravovat vektorové datové formáty (geodatabáze, shapefile) a provádět kontroly topologie dat. Má plnou funkcionalitu ArcView a navíc rozšířené editační možnosti pro geodatabáze.
- ArcInfo je určeno specialistům, kteří chtějí maximálně využít potenciálu GIS, provádět sofistikované analytické úlohy a vytvářet profesionální mapové a jiné výstupy. Obsahuje množství nástrojů určených pro zvýšení produktivity práce s geografickými daty a funkcionalitu obou předchozích produktů obohacuje o rozšířené prostorové operace.

Produkty z kategorie ArcGIS Desktop jsou tvořeny aplikacemi ArcMap a ArcCatalog. Pro správu a analýzu geografických dat je v obou aplikacích k dispozici bohatý soubor nástrojů umístěných v uživatelském rozhraní ArcToolbox.

### 3.5 Quantum GIS

[12], [17]

Quantum GIS, ve zkratce QGIS, patří mezi otevřené desktopové prohlížeče a editory dat geografických informačních systémů. Tento software je šířen pod licenci GNU GPL, což znamená licence pro svobodný software.

QGIS je multi-platformní aplikace a běžící na různých operačních systémech, včetně Mac OS X, Linux, UNIX a Microsoft Windows. QGIS lze použít také jako grafické uživatelské rozhraní pro GRASS (geografický informační systém - GIS

umožňující práci s rastrovými a vektorovými geografickými daty). QGIS má po nainstalování malou velikost ve srovnání s komerční GIS a vyžaduje méně paměti RAM a výpočetní výkon, proto je možné jej použít na starší hardware, nebo běžet současně s jinými aplikacemi, čímž ale může být omezen výkon procesoru.

Mezi hlavní funkce QGIS patří především:

- Zobrazení dat - je možné různě překrývat vektorové a rastrové vrstvy. Můžete si prohlédnout a překrýt vektorové a rastrové vrstvy dat v různých formátech.
- Vytvářet, upravovat, spravovat a exportovat data (například ukládat snímky jako georeferencované obrázky, vytvářet a upravovat shapefiles).
- Analyzovat data

QGIS je neustále udržován aktivní skupinou dobrovolných vývojářů, kteří pravidelně uvolňují aktualizace a opravy chyb. V současné době mají vývojáři převedeny Quantum GIS do 31 jazyků, včetně češtiny.

V současnosti je dostupná verze 1.6. Jak již bylo řečeno, jedná se o freeware aplikaci a je tedy možné ji bezplatně stáhnout z oficiálních internetových stránek Quantum GIS<sup>1</sup> [12], kde je na výběr vždy nejaktuálnější verze ke stažení pro různé platformy.

---

<sup>1</sup>Odkaz na stažení: <http://www.qgis.org/wiki/Download>

#### 4. MELECHOVSKÝ MASIV

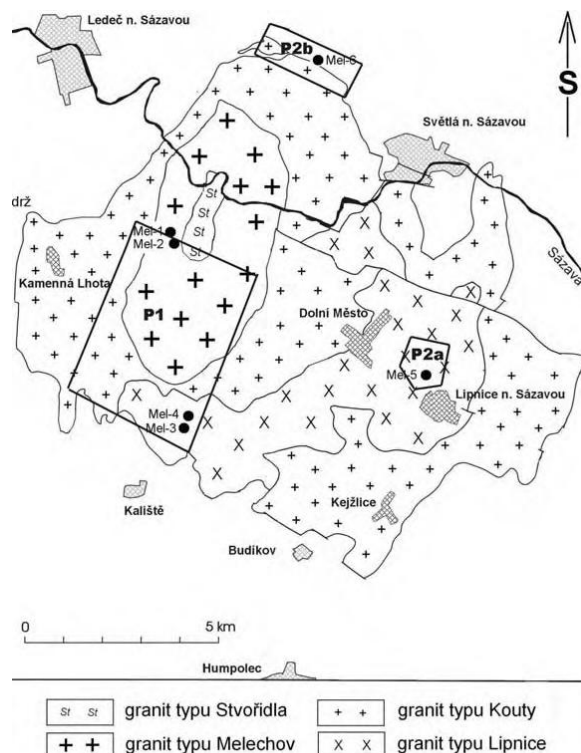
[18], [19]

V dnešní době se stále více rozvíjejí jaderné elektrárny, nejenže mají nesrovnatelně větší výkon oproti tepelným, ale hlavně jsou šetrné k životnímu prostředí, protože do ovzduší vypouštějí pouze páru oproti elektrárnám tepelným. Jaderné elektrárny mají mnohé plus, ale hlavním záporem je prokázání bezpečnosti a vzniklý radioaktivní odpad. Ten je nebezpečný po velmi dlouhou dobu (sta tisíce let). Nastává tedy otázka, jak s tímto odpadem nejefektivněji naložit tak, aby nezpůsobil výrazné škody v přírodě.

Po uložení radioaktivních látek v úložišti je nutné zaručit s velmi vysokou pravděpodobností, že nedojde k významnému úniku kontaminantu do okolí nebo dokonce k povrchu oblasti. A to z důvodu, že by při vyšších koncentracích docházelo k ohrožení zdraví člověka, životního prostředí a samozřejmě k ekologickým následkům. Proto se stále hledají nejvhodnější způsoby jak s ním nejlépe naložit tak, aby zmíněné neduhy byly minimalizovány.

Jako jedna z možností pro oddělení těchto škodlivých odpadů od biosféry je využití přírodních bariér (uložení pod zem). Nejdůležitější je výběr nejvhodnějšího místa pro uložení. Takové místo by mělo být v co nejméně propustném prostředí v oblasti s minimem osídlení, a s minimem jak už podzemních, tak i povrchových vod v okolí.

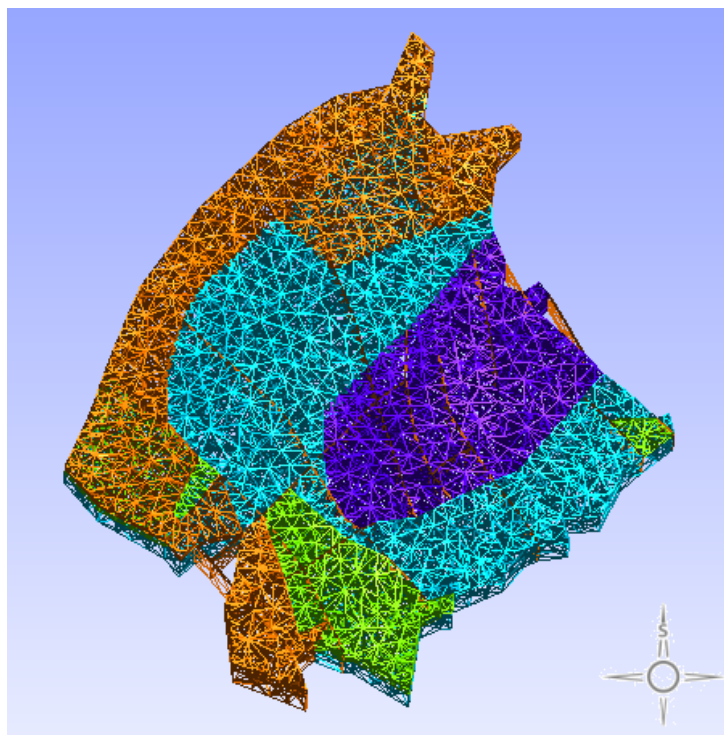
Jedním z modelovaných oblastí je melechovský masiv, který je tvořen izolovaným blokem se skalními mísami tvořenými peraluminickým granitem melechovského typu [19]. Jeho složení je detailně popsáno na *obrázku 2*. Oblast je zvolena nejen z důvodu dobrého složení a umístění, ale hlavně proto, že tato oblast je podrobně zkoumána a detailně popsána. Tudíž je známo předpokládané složení oblasti a vlastnosti obsažených hornin. Což dává dobrý základ pro vytváření různých analýz.



**Obrázek 2;** Horninové složení melechovského masivu [18].

Oblast melechovského masivu se nachází v kraji Vysočina přibližně mezi městy Humpolec, Světlá nad Sázavou a Ledec nad Sázavou. Nejvyšší vrchol této oblasti je Melechov (715 m). Leží přibližně 10 km SSZ od Humpolce. Zhruba 1,7 km JJV směrem od jeho vrcholu najdeme mohutný skalní blok představující přírodní památku zvanou Čertův kámen. Jde o izolovaný skalní blok typu „tor“ o výšce 4 – 5,5 m. Jeho délka dosahuje 7 m a šířka 5,5 m. Do dnešní podoby byl modelován erozí a dlouhodobými zvětrávacími procesy. Tento blok je úzkou trhlinou rozdělen na dvě části. Žulou prostupují šikmé pukliny, z kterých vznikly až dvou metrové hluboké převisy.

Pomocí výzkumů a geologických měření byl z této oblasti vytvořen 3D model. Tento model popisuje oblast o rozloze zhruba 60 km<sup>2</sup>. Model nepopisuje pouze povrchovou část oblasti, ale popisuje celou oblast do hloubky –600 m.n.m. Z tohoto modelu byla pomocí programu GMSH vytvořena výpočetní síť (obrázek 3). Tato síť slouží jako vstupní data pro software Flow123D, který umožňuje výpočty simulačních úloh.



**Obrázek 3;** Výpočtová síť oblasti melechovského masivu

Tato síť je tvořena celkem z 37 068 elementů, z toho 2 798 elementů tvoří 2D objekty a 34 270 3D (prostorové).

- 2D element – trojúhelníky (obsahující 3 uzly),



- 3D element – trojboký jehlan (obsahující 4 uzly).



Celkem jsou tedy elementy tvořeny ze 7 174 uzlů.

Jak si lze všimnout, výpočtová síť zobrazená na *obrázku 3* je členěna do různě barevných oblastí. Jednotlivé barvy reprezentují horninové složení oblastí (Melechovský typ, Koutský typ, Lipnický typ, Ruly).

Na *obrázku 3* jsou zobrazeny elementy, kde u každého z povrchových elementů bude stanovováno jednotkové individuální riziko a zároveň jednotkové společenské riziko. Výpočtem jednotkového společenského rizika se zabývá kapitola 8.4.

## 5. PROGRAM FLOW123D

Flow123D je software pro výpočet simulačních úloh umožňující řešit výpočty podzemního proudění, transport kontaminantů a jejich působení na prostředí, kterým se šíří.

Jako jeden z výstupů z programu Flow123D je po zadání vstupních parametrů určení koncentrace transportující látky na určitém daném elementu v definované oblasti a v určitém čase (0 – 50 000 let). Přičemž se předpokládá, že na začátku simulace je v celé oblasti koncentrace kontaminující látky nulová. Tento výstup v modifikované podobě bude sloužit jako vstupní data pro následné výpočty v této práci.

Vstupními daty do programu jsou zjištěné poznatky z rozsáhlých zkoumání z oblasti melechovského masivu a jsou to informace o:

- geologické struktury oblasti (pukliny, definovaná oblast),
- materiálových vlastnostech jednotlivých elementů,
- typu hornin (*obrázek 2*),
- informace o okrajových podmínkách (koncentrace látky na okrajích oblasti),
- informace o počátečních podmínkách (počáteční koncentrace kontaminace na elementech),
- sousednostech a tvaru sítě.

Pro samotný výpočet je dále nutný konfigurační soubor *flow\_t* s příponou *ini*, který obsahuje základní nastavení programu Flow123D. Obsahuje především informace o celkové době simulace, definici vstupních a výstupních souborů a další.

Soubor *mm\_t.pos* je výstupní soubor transportu koncentrací kontaminující látky na elementech v čase. Dále obsahuje souřadnice jednotlivých uzlů, z kterých se elementy skládají a také informace o počtu elementů a tvaru elementů. S tímto souborem se v této práci bude hlavně pracovat a získávat z něj potřebná data pro stanovení individuálního rizika.

## 6. VSTUPNÍ DATA

Vstupní data jsou výstupem programu Flow123D, který slouží pro výpočty rozšíření radiace v hlubinných úložištích v závislosti na čase. U citlivostní metody založené na metodě Monte Carlo, založené na znalosti statistického rozdělení parametrů se nejdříve vypočte základní úloha proudění nebo transportu, při které jsou známy všechny parametry. Výstupem jsou textové soubory popisující proudění \*.pos a transport \*.msh

Pro tuto práci je významný pouze soubor *mm\_t.pos*. Tento soubor obsahuje seznam elementů a uvádí příslušnou koncentraci chemické látky. Soubor je rozdělen do několika částí podle simulačního času zápisu do souboru.

Data ze softwaru Flow123D obsahují pro každou sadu měření padesát realizací. Každá realizace představuje jedno měření. Každé měření obsahuje záznamy dat v časových intervalech od 0 do 50 000. Tento interval je s krokem 5 000 let. Tedy interval má 11 částí (0 – 5000 – 10 000 ... 50 000). Dále tento soubor obsahuje další data, která jsou pro potřeby této práce nevýznamná.

Jako vstupní data pro tuto práci slouží data vystupující ze softwaru *program pro práci se soubory mm\_t.pos*, tento software zpracovává prvotní výstup z programu Flow123D. Prochází všechny sady měření a jednotlivým elementům přiřazuje setříděné vektory daných koncentrací v čase. Následně po zadání námi zvolené koncentrace vypočítá pro dané elementy hodnoty pravděpodobností v časech 0 až 50 000 let s krokem 5 000 let. Tato vypočítaná pravděpodobnost nám udává, s jakou pravděpodobností nebude překročena zvolená koncentrace. Výhodou softwaru je, že tyto data umožňuje jednoduše vyexportovat do textového souboru pro další zpracování. Dále tento software umožňuje export všech elementů s jejich souřadnicemi.

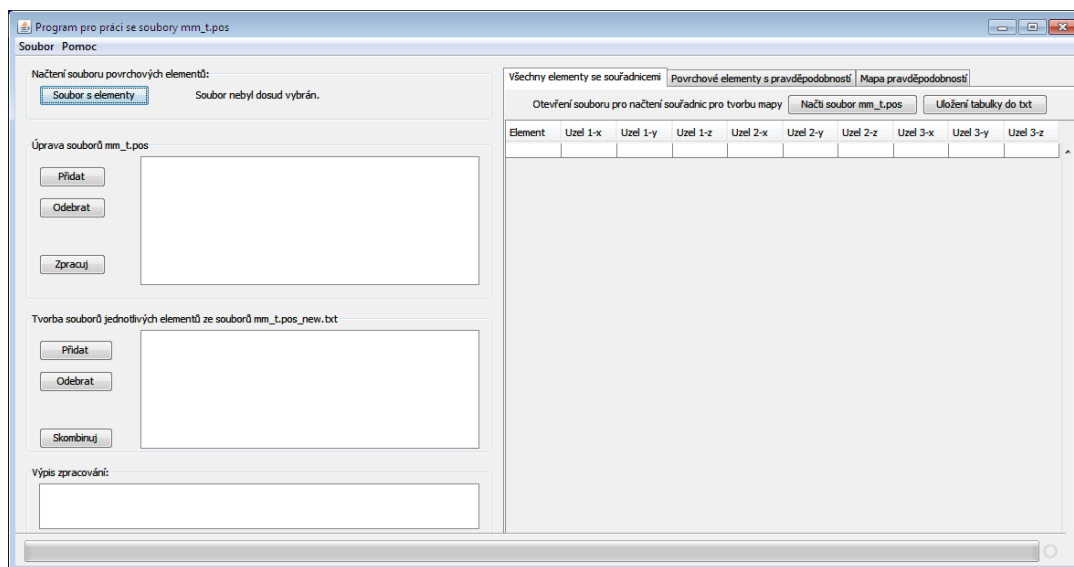
V následující kapitole se seznámíme se softwarem *program pro práci se soubory mm\_t.pos*, kde bude popsána jeho použitelnost pro potřeby této práce. Software neslouží pouze pro exportování souřadnic elementů a pravděpodobností v čase, ale umožňuje i vykreslení mapy pravděpodobností pro zvolenou koncentraci a čas. Tato část je pro potřeby této práce nevýznamná, proto se v popisu zaměříme pouze na funkce programu pro nás významných.

## 6.1 Práce se softwarem *program pro práci se soubory mm\_t.pos*

Software byl vytvořen v rámci diplomové práce s názvem „Analýza transportujících se kontaminantů z úložiště radioaktivních odpadů v melechovském masivu“ [20]. Tento software je naprogramován v programovacím jazyce Java. Pro jeho spuštění je potřeba mít v počítači, na kterém bude aplikace spuštěna nainstalovanou podporu Java (mít nainstalován Java Runtime Environment), kterou je možné bezplatně stáhnout z oficiálních internetových stránek Java.<sup>2</sup> Bez této podpory by jinak program nešel spustit. Program využívá více vláken, i přes to zpracování dat je velice časově náročné, protože vstupních dat je velké množství a jsou rozsáhlá.

Více informací o tomto softwaru je možné případně dohledat ve výše uvedené diplomové práci, kde jsou popsány i ostatní funkce softwaru včetně kompletní dokumentace zdrojového kódu. V *příloze 2* je uveden pouze spouštěcí soubor, který umožňuje aplikaci spustit, nikoli ji upravovat.

V této kapitole bude popsáno, jak se softwarem pracovat, abychom získali požadovaný výstup pro potřeby této práce. Bude objasněno jaká jsou potřebná vstupní data a v *tabulce 1* a *tabulce 2* je pak vyobrazen, výstup, který nám tato aplikace umožňuje. *Obrázek 4* zobrazuje základní vzhled aplikace, jak vypadá při spuštění. Následující část bude věnována popisu práce s aplikací a především vstupním datům, které do aplikace vstupují.



**Obrázek 4;** Vzhled aplikace při spuštění

<sup>2</sup> Odkaz na stažení: <http://www.java.com/en/download/>



### 6.1.1 Získání souboru se souřadnicemi elementů

Jak již bylo uvedeno, software umožňuje řešit mnoho problému, pro potřebu diplomové práce budou využity zejména následující:

- export všech souřadnic elementů,
- generování pravděpodobnosti koncentrací (jednotkové individuální riziko).

První důvod, proč bal tento software použít, je export všech elementů a jejich souřadnic ze souboru *mm\_t.pos* vystupujícího z Flow123D. Po spuštění aplikace souborem *Program pro soubory.jar* klikneme v pravé části na záložku *Všechny elementy se souřadnicemi*, tím se přepneme do okna pro načtení souřadnic. Pomocí tlačítka *Načti soubor mm\_t.pos* se otevře okno pro otevření souboru. Po otevření souboru *mm\_t.pos* aplikace vyfiltruje ze souboru pouze informace o elementech a jejich souřadnicích, které se vypíší do tabulky níže. Takto získaná data lze pomocí tlačítka *Uložení tabulky do txt* uložit jako textový soubor s názvem *souradnice\_vsech\_elemetu.txt* (tabulka 1).

**Tabulka 1;** Ukázka vyexportovaných souřadnic elementů

Element	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	X3	Y3	Z3
0	9969	6855	268	9711	6861	244	9874	7015	245
1	10063	6695	281	9969	6855	268	9711	6861	244
2	255	2729	239	124	2811	236	369	2919	240
3	143	2988	234	124	2811	236	369	2919	240
4	780	2400	288	914	2481	291	911	2318	302
5	240	3874	253	221	3697	240	413	3730	240
6	542	3181	238	930	3298	247	927	3135	255
7	758	3442	238	930	3298	247	542	3181	238
8	369	2919	240	162	3166	237	542	3181	238
9	162	3166	237	542	3181	238	182	3343	238
10	143	2988	234	162	3166	237	369	2919	240
11	413	3730	240	201	3520	238	585	3586	235
12	182	3343	238	201	3520	238	585	3586	235

Výstupní soubor s názvem *souradnice\_vsech\_elemetu.txt*, jehož část obsahu je vyobrazena v *tabulce 1*, je ve skutečnosti text, jehož jednotlivé záznamy jsou odděleny středníkem. Do tabulky byl převeden pouze pro, lepší přehlednost a čitelnost záznamů.

V *tabulce 1* sloupec *Element* představuje všechny elementy výpočtové sítě oblasti melechovského masivu. Elementů je tedy 37 068 a jsou řazeny vzestupně od 0. Každý element nese informaci o jeho umístění (jeho souřadnicích). Jak již bylo uvedeno v *kapitole 4*, každý element je tvořen třemi nebo čtyřmi uzly. Jelikož následné zpracování dat bude probíhat pouze u 2D a 3D elementů, byl vždy odstraněn uzel, který má nejnížší Z-ovou souřadnici. Tímto způsobem se převedly všechny elementy do 2D a ukázka jejich souřadnic je zobrazena v *tabulce 1*.

Takto získaná data nejdou přímo pro potřeby této práce použít, jelikož se počítá vliv případného průstupu kontaminace na povrch, je z těchto dat potřeba odfiltrovat všechny elementy, které netvoří povrch oblasti. Výsledkem této úpravy jsou tedy pouze elementy, které tvoří povrch výpočtové sítě oblasti melechovského masivu. Postup a přesné zpracování je popsáno v *kapitole 6.2*.

### **6.1.2 Získání souboru pravděpodobností pro zadanou koncentraci**

Další důvod použití této aplikace je možnost získat po zadání námi zvolené hladiny koncentrace tabulku pravděpodobností pro všechny povrchové elementy v časech 0 až 50 000 let s krokem 5 000 let.

Po spuštění aplikace je zapotřebí kliknout na záložku *Povrchové elementy s pravděpodobností* v pravé části. Zobrazí se okno, v kterém se do pole *Zadej hodnotu koncentrace pro výpočet pravděpodobností* zadá námi zvolená hodnota koncentrace, pro kterou chceme vypočítat pravděpodobnost průniku látky o určité koncentraci na povrch. Tyto pravděpodobnosti nám udávají s jakou pravděpodobností na daném elementu, v daném čase, nepřesáhne koncentrace námi zvolenou hodnotu. Pro vysvětlení například element číslo 4 924 má po zadání koncentrace 100 v čase 25 000 let hodnotu koncentrace 0,80, dá se tedy o něm říci, že s pravděpodobností 80 % nepřesáhne koncentraci 10. Nebo také můžeme říci, že na 10 % přesáhne zadanou koncentraci 10. Viz *tabulka 2*.

Zadáme-li koncentraci, tak po kliknutí na tlačítko *Vypočítat pravděpodobností* se otevře okno pro otevření souboru, v něm vybereme složku *elementy - vsechny z noveho seznamu* (složka je uvedena v *příloze 2*), která obsahuje pro všechny povrchové elementy hodnoty koncentrací z 1 000 měření v časech 0 až 50 000 let. Tento soubor lze také touto aplikací vytvořit, ale jeho vytvoření je časově náročné (řádově hodiny), proto jej přikládám do *přílohy 2*, kde je již vytvořen.

Po otevření složky *elementy* - všechny z nového seznamu se rovnou spustí výpočet, který trvá řádově desítky minut (rychlost je ovlivněna výkonností procesoru počítače).

Vypočítané hodnoty pravděpodobností lze opět uložit do textového souboru. Ukázka vypočítaných dat je v *tabulce 2*.

**Tabulka 2;** Ukázka vyexportovaných pravděpodobností pro koncentraci 10

Element	0	5000	10000	15000		35000	40000	45000	50000
4888	0.9875	0.9635	0.9395	0.9275	...	0.8855	0.8665	0.8665	0.8645
4891	0.9955	0.9955	0.9945	0.9945		0.9945	0.9945	0.9945	0.9945
4893	0.9675	0.9435	0.9205	0.9075		0.8885	0.8845	0.8845	0.8815
4894	0.9919	0.9825	0.9805	0.9785		0.9775	0.9775	0.9775	0.9775
4899	0.9805	0.9525	0.9265	0.9025		0.8515	0.8315	0.8315	0.8225
4908	0.9958	0.9985	0.9985	0.9985		0.9975	0.9975	0.9975	0.9975
4924	0.9555	0.9145	0.8795	0.8445		0.9975	0.8125	0.8125	0.8065
4928	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995		0.9995	0.9995	0.9995	0.9995
493	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995		0.9995	0.9995	0.9995	0.9995
4931	0.9995	0.9995	0.9975	0.9995		0.9995	0.9995	0.9995	0.9995
4934	0.9995	0.9945	0.9995	0.9825		0.9685	0.9685	0.9685	0.9685
495	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995		0.9995	0.9995	0.9995	0.9995

Tyto data jsou opět v textovém souboru, kde hodnota v každém sloupci je oddělena středníkem a do tabulky byla tato data převedena pouze pro přehlednost. Data nejsou řazena alfanumericky, ale alfabetycky, což pro další zpracování v ArcGIS nijak nevadí, protože při připojování tabulek lze vybrat, podle jakého klíče má být tabulka sloučena, více v *kapitole 8*.

Data obsažená v *tabulce 2*, představují pravděpodobnosti v jednotlivých časech pro všechny povrchové elementy. Jednotkové individuální riziko pro zvolenou kritickou koncentraci se vypočte na každém povrchovém elementu jako jednotkový doplněk ke zjištěné pravděpodobnosti. Viz *vzorec 6.1.1*

$$JIR_i(t) = 1 - P_i(t, k) \quad (6.1.1)$$

, kde:

- $JIR_i(t)$  - jednotkové individuální riziko na elementu  $i$ , v čase  $t$  a koncentraci  $k$ ,

- $P_i(t, k)$  - pravděpodobnost nepřekročení koncentrace  $k$  na elementu  $i$  v čase  $t$ .

Tímto způsobem se získají hodnoty jednotkového individuálního rizika popsané v kapitole 2.5, které budou sloužit pro stanovení společenského rizika na zkoumané oblasti melechovského masivu.

## 6.2 Software na úpravu dat

Software popisovaný výše umožňuje vyexportovat dva soubory. V této kapitole se budeme věnovat prvnímu souboru, na jehož úpravu byl navržen software, který tento soubor upraví pro další potřeby této práce.

První soubor s názvem *souradnice\_elementu.txt* obsahuje všechny elementy společně se souřadnicemi jednotlivých bodů elementů. Jak bylo popsáno v kapitole 6.1, byly všechny elementy předělány na 2D elementy. Pro další použití je potřeba ze všech elementů odfiltrovat takové elementy, které netvoří povrch oblasti. Jelikož se práce zabývá působením případného průstupu kontaminace na povrch, budeme dále pracovat jen s těmito povrchovými elementy.

Aby se vyhledávání povrchových elementů nemuselo dělat ručně, což by bylo nejen časově náročné, ale hlavně hodně náchylné na chybu, při takovém množství dat, byl vytvořen software, který daný problém spolehlivě řeší. Program nejen vybírá povrchové elementy, ale zároveň výstup předupravuje pro další zpracování pro GIS.

Program je naprogramován v programovacím jazyce Java. Při programování bylo využito dvou vláken, kde jedno vlákno vypočítává data a druhé slouží pro zobrazení průběhu výpočtu. Zobrazení bylo uděláno z důvodu, že zpracování trvá zhruba 1 minutu a díky indikaci průběhu máme přehled o jeho stavu. Pro správnou funkci je nutné mít nainstalován Java Runtime Environment<sup>3</sup>.

### 6.2.1 Úprava dat

Vytvořený software nejenže vybírá ze všech elementů pouze elementy, které tvoří povrch zkoumané oblasti, ale především tvoří dva výstupy. První vypíše všechny povrchové elementy s jejich souřadnicemi, druhý upravuje souřadnice elementů. Ze souřadnic každého elementu vytvoří pouze jeden bod. Tento bod je

---

<sup>3</sup> Odkaz na stažení: <http://www.java.com/en/download/>

určen těžištěm trojúhelníku. Tato úprava je provedena z důvodu následného zpracování GISem. Těžiště trojúhelníka  $ABC$ ,  $A[a_1, a_2]$ ,  $B[b_1, b_2]$ ,  $C[c_1, c_2]$  je vypočítáno pomocí vzorce 6.2.2.

$$T = \left[ \frac{a_1 + b_1 + c_1}{3}, \frac{a_2 + b_2 + c_2}{3} \right] \quad (6.2.2)$$

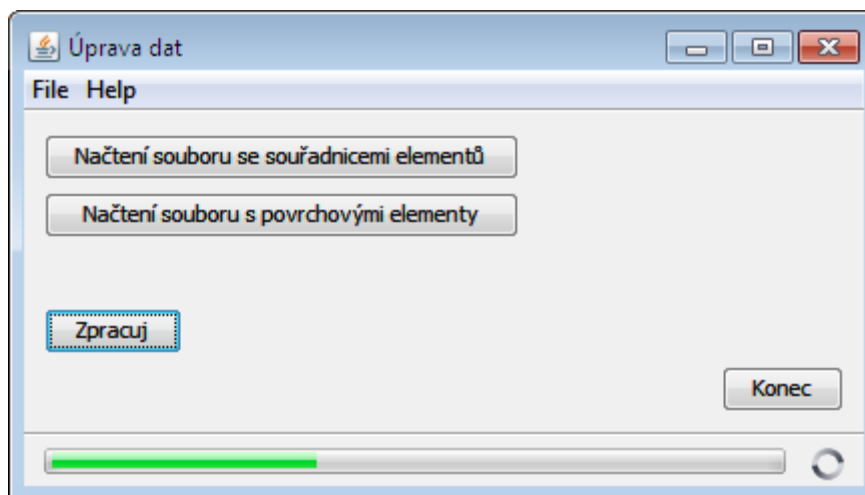
a aplikujeme ho na souřadnice všech elementů. Hodnoty nových souřadnic jsou vždy zaokrouhleny na celá čísla. Jelikož bereme jen povrchovou oblast výpočtového modelu a pracujeme s 2D modelem, Z-tové souřadnice povrchových elementů vynecháme.

### 6.2.2 Práce se softwarem *UpravaDat*

Celý software včetně všech souborů je uveden v příloze 3. Samotné spuštění programu se provede otevřením souboru *uprava.jar* ve složce `\\příloha 2\UpravaDat\dist\`.

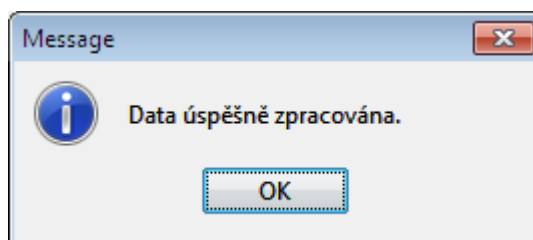
Vstupem pro program jsou dva soubory. První soubor, je výstup z programu *program pro práci se soubory mm\_t.pos*, který je popsán v kapitole 6.1. Načtení se provede pomocí tlačítka *Načtení souboru se souřadnicemi elementů* viz. Obrázek 5. Druhým vstupem je soubor, ve kterém je na každém řádku číslo elementu, který tvoří povrch výpočtové oblasti. Všechny povrchových elementů je 2 142. Kompletní seznam povrchových elementů je vypsán v příloze 1. Soubor s povrchovými elementy se načte pomocí tlačítka *Načtení souboru s povrchovými elementy*. Soubor obsahující všechny povrchové elementy s názvem *seznam\_elementu\_horni\_podstavy.txt* je uveden v příloze 3.

Po stisknutí tlačítka *Zpracuj* začne program zpracovávat data, činnost programu je signalizována rotujícím kolečkem v pravé dolní části. Průběh zpracování pak rostoucím progresbarem taktéž ve spodní části viz obrázek 5.



**Obrázek 5;** Vzhled aplikace *UpravaDat*

Dokončení výpočtu je signalizováno zvukovým tónem společně s informačním oknem informujícím o úspěšném zpracování dat (obrázek 6). Výstupní soubory jsou uloženy v místě, z kterého byla načtena vstupní data a mají názvy *upravena\_data.csv* a *souradnice\_povrchových\_elementu.csv*



**Obrázek 6;** Zpráva o dokončení

### 6.2.3 Výstupní data

Výstupní soubor s názvem *upravena\_data.csv* je formátován následně. První řádek tvoří hlavička, v prvním sloupci *CisloElementu* jsou povrchové elementy (tvořící pouze povrch výpočtového modelu zkoumané oblasti melechovského masivu), druhý sloupec *Xnew* a *Ynew* jsou vypočítány pomocí vzorce 6.2.2, kde *Xnew* je první člen a *Ynew* druhý člen vzorce. Výstupní soubor *upravena\_data.csv* má formát takový, že na každém řádku jsou tři informace (*CisloElementu*, *Xnew* a *Ynew*) a jsou vždy oddělena středníkem. Jak již bylo uvedeno, výstupní soubor obsahuje pouze povrchové elementy a má tedy 2 142

záznamů. V následující *tabulce 3* je zobrazena ukázka výstupního souboru *upravena\_data.csv*.

Druhý výstupní soubor je formátován stejným způsobem jako první a obsahuje všechny povrchové elementy společně s jejich souřadnicemi  $X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3$ .

**Tabulka 3;** Ukázka výstupního souboru *upravena\_data.csv*.

Cislo Elementu	Xnew	Ynew
28	966	2360
30	2122	2136
43	1157	2345
60	2478	1922
63	2644	2111
64	3633	1475
65	3654	1313
71	3866	1013
72	3824	1106
83	5332	201
85	4620	302
87	4505	311

Výstupní soubor *upravena\_data.csv* je ve skutečnosti text oddělený středníkem, který je v *tabulce 3* vložen do tabulky pro lepší orientaci a čitelnost dat.

#### 6.2.4 Zdrojový kód softwaru *UpravaDat*

Celý program je napsán v programovacím jazyce Java, bylo využito vývojového prostředí *NetBeans IDE 6.9.1*. Kompletní zdrojový kód včetně celého software je uveden v *příloze 3*.

Aplikace je tvořena jednou hlavní třídou *soubor*, která je rozšířená od třídy *Thread*. Vlákno bylo vytvořeno z důvodu, aby se aplikace netvářila „zaseklá“ a bylo vidět že probíhá výpočet, což je signalizováno rotujícím kolečkem v pravé dolní rohu a vzrůstajícím progresbarem.

```
public class Soubor extends Thread{
    File cesta;
    File cesta2;
    public int hotovoProcent = 0;
    public boolean dokoncen = false;
```

Následující částí programu nadefinujeme konstruktor, jehož zavoláním se vytvoří objekt s příslušnými cestami k souboru (*cesta*, *cesta2*). Konstruktor je volán z metody po stisku tlačítka *zpracuj*, v níž probíhá spuštění tohoto vlákna *Soubor*.

```
public Soubor (File cesta, File cesta2){  
    this.cesta = cesta;  
    this.cesta2 = cesta2;  
}
```

Metoda *run* vykonává práci vlákna. Do proměnné *adresar* se načte celá cesta z načteného vstupního souboru od které je oříznut jeho název. Tuto cestu pak využijeme při uložení výstupního souboru. Do proměnných *fname2* a *fname3*, které udávají cestu pro uložení výstupního souboru přidáme cestu z *adresar* plus název výstupního souboru (výstupní soubor bude uložen na stejném místě, jako byl načten vstupní).

```
@Override  
public void run() {  
    String adresar = cesta.getAbsolutePath().substring(0,  
        cesta.getAbsolutePath().length() - cesta.getName().length());  
    String fname2 = adresar + "upravena_data.csv";  
    String fname3 = adresar + "souradnice_povrchových_elementu.csv";  
}
```

*Polehodnot* má rozsah 10 z důvodu, že načítaný řádek obsahuje 10 informací (Element, X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, X3, Y3, Z3). Dále je zapotřebí otevření souboru *cesta* (cesta k souboru se souřadnicemi elementů) a *cesta2* (cesta k souboru s povrchovými elementy) pro čtení, a ukazatelem *vystup* a *vystup2* vytvoříme datový proud pro zápis.

```
String radek;  
int hodnota = 0, pom;  
int PoleHodnot[] = new int[10];  
int xnew = 0;  
int ynew = 0;  
try {  
    File f2 = new File(fname2);  
    FileWriter vystup = new FileWriter(f2, false);  
    File f3 = new File(fname3);  
    FileWriter vystup2 = new FileWriter(f3, false);  
    RandomAccessFile data = new RandomAccessFile(cesta, "r");  
    RandomAccessFile data2 = new RandomAccessFile(cesta2, "r");  
}
```

Do proměnné *delkaSouboru* je načtena délka vstupního souboru (se souřadnicemi elementů), která bude následně využita pro výpočet dokončení.



Dále se do proměnné *element* načte první řádek z druhého souboru (s povrchovými elementy). Do výstupního souboru *vystup* se zapíše hlavička (*CisloElementu; Xnew; Ynew;*), do *vystup2* (*CisloElementu; X1; Y1; X2; Y2; X3; Y3;*) a do obou se vloží nový řádek.

```
long delkaSouboru = data.length();
String element = data2.readLine();
vystup.write("CisloElementu;Xnew;Ynew");
vystup.write("\n");
vystup2.write("CisloElementu;X1;Y1;X2;Y2;X3;Y3");
vystup2.write("\n");
```

Cyklus *while* prochází každý řádek dokud není řádek prázdný (nedojde na konec souboru). Proměnná *pozice* nese informaci o pozici v souboru, kterou využijeme společně s proměnnou *delkaSouboru* pro výpočet procenta dokončení, která je využita na signalizaci dokončení pomocí *progresbaru*. Pomocí *StringTokenizer token = new StringTokenizer(radek);* vytvoříme objekt *token* instance *stringTokenizer* pro rozparsování řádku.

```
while ((radek = data.readLine()) != null) {
    long pozice = data.getFilePointer();
    hotovoProcent = (int)(100*pozice/delkaSouboru);
    StringTokenizer token = new StringTokenizer(radek);
    pom = 0;
```

Další vnořený cyklus *while* probíhá dokud *token* obsahuje nějaký znak. Do proměnné *hodnota* se vždy uloží předešlý řetězec znaků (před znakem středník), který je následně uložen do pole *PoleHodnot*. Tímto tedy celý řádek rozparsujeme po střednících do pole, kde v *PoleHodnot[0]* je hodnota aktuálního elementu v *PoleHodnot[1]* souřadnice X1 až do *PoleHodnot[9]*, kde je souřadnice Z3.

```
while (token.hasMoreTokens()) {
    try {
        hodnota = Integer.parseInt(token.nextToken(";"));
        PoleHodnot[pom] = hodnota;
        pom++;
    } catch (NumberFormatException nfe) {
    }
}
```

V poslední části programu se porovnává, zda se hodnota v *PoleHodnot[0]* (číslo právě načteného elementu ze souboru se souřadnicemi elementu) s hodnotou *element* (načtený povrchový element z druhého souboru s povrchovými elementy). Dojde-li ke shodě, jedná se tedy o povrchový element a do výstupního souboru

*vystup* se zapíše nové hodnoty souřadnic *xnew* a *ynew* počítané pomocí vzorce 6.2.2 a do *vystup2* hodnoty souřadnic *X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3*. A zároveň se do proměnné *element* načte z druhého vstupního souboru další povrchový element.

```

if (PoleHodnot[0] == Integer.parseInt(element)) {
    xnew=(int)Math.round(((double)PoleHodnot[1] + (double)PoleHodnot[4] +
(double)PoleHodnot[7]) / (double)3);
    ynew = (int)Math.round(((double)PoleHodnot[2] + (double)PoleHodnot[5] +
(double)PoleHodnot[8]) / (double)3);
    vystup.write(PoleHodnot[0] + ";" + xnew + ";" + ynew);
    vystup2.write(PoleHodnot[0]+";"+PoleHodnot[1]+";"+PoleHodnot[2]+";"
+PoleHodnot[4]+";"+PoleHodnot[5]+";"+PoleHodnot[7]+";"+PoleHodnot[8]);
    vystup.write("\n");
    vystup2.write("\n");
    String cislo;
    if ((cislo = data2.readLine())!=null){
        element = cislo;
    }
}
}

```

Na konec je potřeba zavřít soubory. Program běží tedy do té doby, než první cyklus *while* projde všechny řádky vstupního souboru se souřadnicemi elementů. Bude-li na konci, proměnná *dokoncen* se nastaví na *true* a vlákno na zpracování souboru se ukončí.

```

data.close();
vystup.close();
vystup2.close();
dokoncen=true;
}
}

```

## 7. ZPRACOVÁNÍ DAT SOFTWAREM QuantumGIS

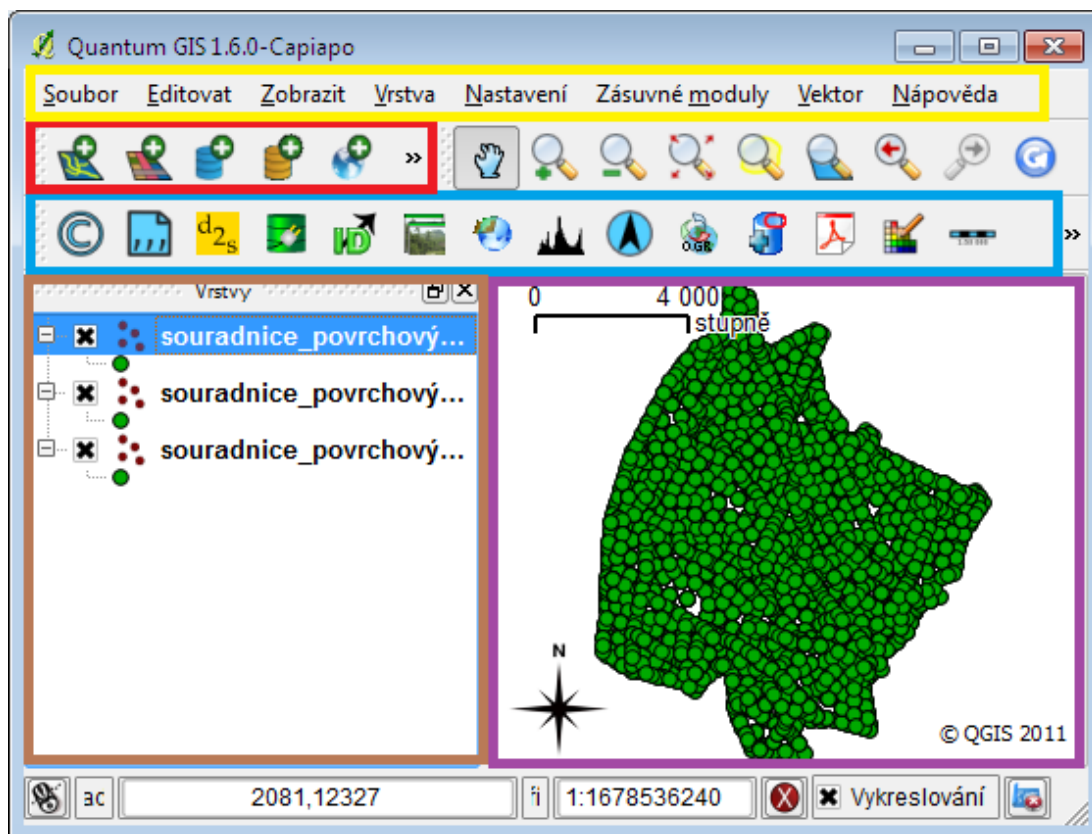
QuantumGIS (zkráceně QGIS) [12]. QGIS byl zvolen, nejen z důvodu, že se jedná o free software, ale především proto, že dokáže jednoduše pracovat s vrstvami, vytvářet nové vrstvy a editovat je. Pro práci byla využita verze 1.6.1. V práci byl dále využíván i software ArcGIS [16] ve verzi 9.2 a 9.3, ale QGIS oproti nim dokáže jednodušším způsobem vytvořit novou vektorovou vrstvu z textových souborů oddělených oddělovačem. Což je jeden z hlavních důvodů jeho použití. Prvotní důvod využití tohoto software bylo právě vytvoření nové vrstvy.

Ze získaných vstupních dat popsaných v kapitole 6.2.3 (elementy přetransformované na jeden bod nacházející se v těžišti elementu) a v kapitole 6.1 (všechny povrchové elementy) bylo potřeba vytvořit vrstvu, aby bylo možné tyto data dále zpracovávat. Právě pro tento účel posloužil QGIS s funkcí *Přidat vrstvu s odděleným textem*. Vytvoření vektorové vrstvy s těchto dat si detailně popíšeme v následující kapitole.

### 7.1 Vytvoření vektorové vrstvy ze získaných dat

Okno aplikace se skládá ze třech základních částí. V horní části aplikace je kontextové menu (na obrázku 7 zvýrazněno žlutou barvou) pod které je možno vkládat nástrojové lišty, které slouží pro zrychlení a usnadnění práce. Nástrojové lišty lze libovolně posouvat a v případě potřeby je zobrazit či ne. Již zobrazenou lištu lze vypnout pomocí tlačítka *Zobrazit* v kontextovém menu, kde vybereme *Nástrojové lišty* a požadovanou lištu zaškrtneme. Stejným postupem lze přidat lištu, která není zobrazená.

Druhou důležitou částí je panel *Vrstvy* (na obrázku 7 ohraničeno hnědou barvou), který se nachází v levé části okna aplikace. V tomto okně se pracuje s jednotlivými vrstvami. Není-li tento panel zobrazen, zobrazení se nastaví v záložce *Zobrazení*, kde vybereme *Panely* a zaškrtneme *Vrstvy*. Poslední a největší částí je oblast pro vykreslování (obrázek 7 fialová barva). Při zpracování velkého množství dat je možné vykreslování v pravém dolním rohu zakázat a povolit ho až bude potřeba překreslit nějakou změnu.



**Obrázek 7;** Okna aplikace QGIS se zvýrazněnými částmi

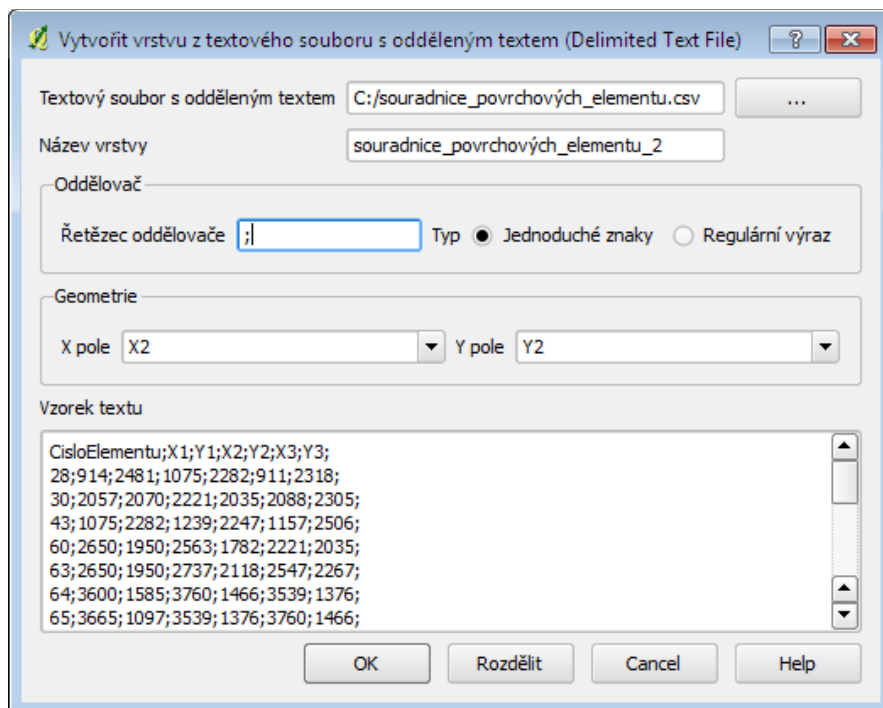
Pro vytvoření nové vektorové vrstvy z našich dat je zapotřebí zapnout nástrojovou lištu s názvem *Zásuvné moduly*. Jejím přidáním se nám zobrazí sada ikon (obrázek 7 modré orámování) umožňující používat rozšíření v podobě zásuvných modulů.



Nás bude zajímat modrá ikona s názvem *Přidat vrstvu s odděleným textem* pomocí níž po správném nakonfigurování lze načíst naše vstupní data. Po kliknutí na tuto ikonu se nám otevře konfigurační okno. (Obrázek 8).

Začneme nejprve načtením upravených dat softwarem *UpravaDat* (soubor *upravena\_data.csv*). V horní části otevřeme soubor, do pole *Název vrstvy* zadáme název jak se bude vytvořená vrstva jmenovat. V části *oddělovač* zaškrtneme *Jednoduché znaky* a do pole *Řetězec oddělovače* zadáme znak středník (hodnoty našeho souboru jsou oddělovány středníkem) a klikneme ve spodní části na tlačítko *Rozdělit* což nám umožní v části *Geometrie* zvolit co má být ze vstupního souboru považováno za hodnotu X a co za Y.

Do *X pole* vybereme z nabídky *Xnew* a do *X pole Ynew* a klikneme na tlačítko *OK*. Tím je nová vrstva hotová. Kliknutím pravým tlačítkem na nově vytvořenou vrstvu můžeme otevřít atributovou tabulku a ověřit správnost načtených dat.



**Obrázek 8;** Okno pro vytvoření nové vrstvy ze souboru s odděleným textem

Stejným postupem vytvoříme druhou vrstvu, kterou budou tvořit data z druhého výstupního souboru ze software *UpravaDat* se souřadnicemi povrchových elementů (soubor *souradnice\_povrchových\_elementu.csv*) tento soubor se od předchozího liší tím, že jeden element neobsahuje pouze jedny souřadnice X a Y, ale je tvořen trojicí bodů. Jak je již patrné z předchozího příkladu lze načíst vždy pouze jeden bod X a Y, proto tedy vytvoříme tři nové vrstvy (X1,Y1; X2,Y2; X3,Y3), které následně sloučíme pomocí vestavěných funkcí do jedné.

Máme-li vrstvy vytvořené je potřeba vrstvy převést do standardizovaného formátu ESRI Shapefile. Ještě než převedeme vrstvy ze souboru *souradnice\_povrchových\_elementu.csv* nastavíme všem třem vrstvám stejnou barvu, aby výsledek po spojení měl jednotnou barvu. Klikneme pravým tlačítkem na vrstvu, které chceme změnit barvu a vybereme *Vlastnosti*. V následujícím okně, v levé části, klikneme na *Symbolika*. Zde je možné si nastavit nejen barvu, která se změní v části *Možnosti výplně*, ale i tvar symbolu a jeho velikost, případně průhlednost a další.


Je-li obarvení hotovo, provedeme převedení následovně, prvním tlačítkem klikneme na vrstvu, kterou chceme převést a klikneme na *Uložit jako...* otevře se nám tabulka kde v políčku *Formát* vybereme ESRI Shapefile. Do políčka *Uložit jako* vybereme pomocí tlačítka *Procházet* cestu a název souboru, kam chceme výslednou vrstvu uložit.

Nyní je potřeba vrstvy z dat (*souradnice\_povrchových\_elementu*) sloučit a vytvořit z nich pouze jeden Shapefile. K tomu nám poslouží vestavěné funkce pro práci s vektory. V kontextové menu vybereme *Vektor*, v něm *Nástroje práce s daty*, kde vybereme *Sloučit shapefile soubory do jednoho*.

Ještě než se začne se sloučením, musí se trojice vytvořených vrstev ve formátu Shapefile uložit do samostatné složky. Vrstva uložená ve formátu Shapefile se skládá z pěti souborů (\*.dbf, \*.prj, \*.qpf, \*.shp a \*.shx) a je tedy potřeba je do složky nakopírovat všechny. Tuto složku pak v okně *Sloučit shapefile soubory* vybereme jako *Vstupní složku* pomocí tlačítka *Procházet*. Do pole *Výstupní shapefile* opět pomocí tlačítka *Procházet* vybere cestu, kam chceme sloučený soubor uložit a jeho název. Zaškrtneme-li možnost *Přidat výsledek do mapového okna*, nově sloučená vrstva se nám rovnou přidá do mapového okna bez toho abychom ji museli načítat.

Tímto způsobem jsme si vytvořili dvě základní vrstvy ve formátu Shapefile z kterými budeme dále pracovat. Založíme si nový projekt, v kterém si tyto vrstvy načteme, protože data odpovídají skutečné reálné oblasti (oblast melechovského masivu) budeme muset vrstvu georeferencovat (umístit ji do mapy), viz kapitola 7.2.

Přidat nově vytvořenou vrstvu do nového projektu můžeme buď přes záložku *Vrstva* v kontextovém menu, kde vybereme *Přidat vektorovou vrstvu* nebo přes nástrojovou vrstvu lištu s názvem *Spravovat lišty* (obrázek 7 červené orámování)

pomocí ikonky  (*Přidat vektorovou vrstvu*). Po kliknutí se otevře okno *Přidat vektorovou vrstvu*, kde v části *Typ zdroje* zaškrtneme *Soubor* a v části *Zdroj* pomocí tlačítka *Procházet* vybere vrstvu, kterou chceme načíst a vrstva se po stisknutí tlačítka *Open* přidá do projektu.

Viditelnost vrstvy se nastaví pomocí zaškrtnutí kostičky před názvem vrstvy. Odškrtneme-li ho, vrstva v projektu zůstane, akorát nebude vykreslena. Není-li vrstva po přidání vidět, je pouze umístěna mimo oblast, kterou vidíme, její umístění do viditelné oblasti provedeme kliknutím pravým tlačítkem na danou vrstvu a

vybereme *Zvětšit na oblast vrstvy*, čímž se celá vrstva zobrazí. Stejně lze postupovat v případě, že například po přiblížení nějakého detailu chceme, aby byla viditelná celá oblast vrstvy.

## 7.2 Georeferencování dat

Vstupní data reprezentují oblast melechovského masivu, aby bylo možné vypracovat bezpečnostní analýzu je zapotřebí tyto data umístit do skutečné oblasti (mapy). Budeme-li mít jednotlivé elementy umístěné v reálné oblasti, můžeme k jednotlivým elementům doplnit informace o počtu obyvatel a jednotkovém individuálním riziku a následně stanovit společenské riziko.

Než začneme se samotným georeferencováním oblasti je zapotřebí získat dobrý mapový podklad. Tento mapový podklad by měl být v dostatečném rozlišení, aby i při přiblížení byl dostatečně kvalitní a dalo se s ním pracovat.



První mapový podklad byl v dostatečném přiblížení složen z výřezů map ze serveru <http://maps.google.cz/maps>, ale při samotném georeferencování se ukázalo, že geometrie takto získané mapa neodpovídala přesně skutečnosti, a vrstvu se nepodařilo do této mapy napasovat. Dobrý a přesný mapový podklad lze připravit z map získaných na stránkách Českého úřadu zeměměřického a katastrálního [21], kde na úvodní stránce se v pravé části klikne na *Geoportál ČÚZK*, který nás přesměruje na mapu.

Zde je možné vyhledat oblast pomocí hledání. Po kliknutí na *Pokročilé ovládání* v záhlaví mapy se nám otevře Geoprohlížeč ČÚZK, kde je možné vybrat si různé typy map, z kterých pomocí výřezů obrazovek získáme kvalitní mapový podklad. Pro ukládání výřezů je vhodné použít nekomprimovaný formát PNG. Tyto výřezy obrázků se dají složit například pomocí aplikace Adobe Photoshop funkcí Photomerge, díky níž je možné poskládat  $x$  obrázků do jednoho celku. Na následujícím obrázku je vyobrazen vytvořený mapový podklad oblasti melechovského masivu.




**Obrázek 9;** Ukázka mapového podkladu oblasti melechovského masivu

Máme-li vytvořen mapový podklad, nejprve je potřeba založit si nový projekt do kterého načteme vytvořený Shapefile ze souboru *souradnice\_povrchových\_elementu.csv*, protože tyto data reprezentují přesně danou oblast, proto budeme georeferencovat právě je.


Máme-li vrstvu načtenou, buď v kontextovém menu klikneme na *Zásuvné moduly* a vybereme *Georeferencování* nebo přes nástrojovou lištu *Zásuvné moduly* klikneme na ikonku  (georeferencování). Poté se nám otevře nové okno v němž pomocí ikonky , nebo opět přes kontextové menu *Soubor* a *Otevřít rastr* otevřeme námi vytvořený mapový podklad. Mapa se nám zobrazí v horní části okna.


Georeferencování spočívá v přiřazení bodu z mapy k bodu ve vrstvě. Podíváme-li se na *obrázek 3* (str. 22) a *obrázek 9* je patrné, že oblast v horní pravé části je lemovaná řekou Sázava, z čehož budeme také při georeferencování vycházet.



Pro nejpresnější umístění oblasti do mapy budeme přiřazovat tyto krajní body. Pomocí ikonky  (*Přidat bod*) umístíme bod na mapovém podkladu. Po kliknutí do mapy se otevře okno (*Vložte mapové souřadnice*) v kterém klikneme na tlačítko *Z mapového okna*, čímž se přepneme do mapového okna, kde vybereme bod odpovídající bodu vybranému na mapě. Vybráním bodu se do okna *Vložte mapové souřadnice* zapiší souřadnice a klikneme na tlačítko *OK*. Tímto způsobem umísťujeme i další body. Při umísťování bodů je velmi nutné dbát na co nejvyšší přesnost, aby výsledek nebyl zkreslený a co nejlépe odpovídal skutečnosti.

Jsou-li body navoleny je nutné v kontextovém menu kliknout na záložku *Nastavení* a vybrat *Nastavení transformace*. Zde se nastaví vlastnosti transformace, v našem případě nastavíme *Typ transformace* a *Metoda převzorkování* na *Lineární*, v *Kompresi* vybereme *NONE*. Dále pak do pole výstupní rast pomocí ikony v pravé části vybere umístění pro výstupní soubor a jeho název. Nastavení potvrdíme tlačítkem *OK*.

Samotné georeferencování se spustí ikonkou , nebo přes kontextové menu *Soubor* a *Spustit georeferencování*. Po dokončení můžeme okno *Georeferencování* zavřít.

Vytvořený mapový podklad načteme pomocí ikonky . Aby byl výsledek vidět, musíme rastrovou vrstvu obsahující mapu uchopením přesunout pod vektorovou vrstvu s body oblasti, nebo vrstvě ve vlastnostech nastavit průhlednost.

Neodpovídá-li georeferencování skutečnosti je nutno postup opakovat a lépe volit body. Všechny podklady, které se vytvořily, byly převedeny a uloženy ve formátech, které jsou dále zpracovatelné v ArcGIS, ve kterém se bude provádět další zpracování.

Všechny vytvořené vrstvy popisované v této kapitole jsou dostupné v *příloze 4*, kde jsou uloženy i dva správně georeferencované mapové podklady oblasti melechovského masivu a kompletní projekt s názvem *projekt.qgs* obsahující všechny výše popsané vytvořené vrstvy.

## 8. ZPRACOVÁNÍ SOFTWAREM ARCGIS

[22], [23]

Software ArcGIS [16] byl vybrán z důvodu, že se jedná o jeden z nejsilnějších nástrojů GIS. Jediné co bych mu vytkl, je jeho značná složitost, proto bylo také využito software QGIS [12] (*kapitola 3.5 a 7*), který je nejen v českém jazyce, ale hlavně značně jednodušší. QGIS oproti ArcGIS ale nenabízí tolik rozšířených funkcí, kterými by mohl být realizován celý požadavek této práce. Pro samotnou práci bude využit pouze ArcMap, což je aplikace spadající pod celek ArcGIS.

Jak již bylo uvedeno všechny vytvořené vrstvy vytvořené aplikací QGIS byly uloženy tak, aby byly plně kompatibilní a dále zpracovatelné softwarem ArcGIS. Hlavní úlohou ArcGIS bude ze vstupních dat vytvořit grafický výstup, díky němuž si každý dokáže skutečnost lépe představit oproti číslům v tabulkách. Jednou z hlavních věcí pro následné vypracování bezpečnostní analýzy je nutnost vytvořit vrstvu, která ponese informace o tom, kolik lidí se vyskytuje ve zkoumané oblasti melechovského masivu. Aby se dalo s těmito čísly dále pracovat je nutné počty lidí přesně definovat k daným elementům.

Stanovení jednotkového společenského rizika *JSR* se pak provede za pomoci vestavěných kalkulačních funkcí. V následující části se tedy zaměříme na nejdůležitější a časově nejnáročnější část práce, kterou je zjištění počtu obyvatel a přiřazení ho daným elementům.

### 8.1 Získání počtu obyvatel v oblasti melechovského masivu

Než můžeme začít s vytvářením vrstvy je zapotřebí vyzískat informace o počtu obyvatel na celé zkoumané oblasti. Z počátku se posupovalo tak, že pomocí mapy se dohledaly názvy obcí a částí obcí, které se v celé výpočtové oblasti melechovského masivu nacházejí. Seznam uveden v následující *tabulce 4*.

**Tabulka 4;** Seznam obcí vyskytujících se v oblasti melechovského masivu

Bilantova Lhota	Bojiště	Dobrá Voda Lipnická	Dobrovítova Lhota	Dolínky	Dolní Paseka	Drábovna	Háj
Hlídek	Horní Paseka	Kaliště	Kamenná Lhota	Kocanda	Koňkovice	Kouty	Kožlí
Loukov	Malé Bojiště	Meziklasí	Mstislavice	Pecký Mlýn	Pod Horami	Podivice	Požirná
Proseč	Rejčkov	Remuta	Rohule	Rybničky	Smrčensko	Smrčná	Staré Hutě
Trpišovice	U Pejšků	U Veletů	V Houpačkách	V Studánkách	Veliká		

Informace v prvopočátku byla hledána pomocí internetu ([www.google.cz](http://www.google.cz), [cs.wikipedia.org/wiki/Wiki](http://cs.wikipedia.org/wiki/Wiki)), čímž se podařilo získat část informací, která se ale z různých zdrojů liší a z takto získaných dat se nedalo vycházet. Druhým krokem bylo navštívení stránek Českého statistického úřadu (ČSÚ)<sup>4</sup>. Na stránkách ČSÚ se dá dostat na výsledky sčítání lidu, ale obsažené informace jsou nepřehledné a je jich velké množství. Jelikož práce byla psána ještě před sčítáním lidu 2011, tak je možné, že nově získaná data zpracují v ucelenější a přehlednější formě.

Informace o počtu obyvatel, z které se nakonec vycházelo, byla získána za pomoci Ing. Miloslava Witze (pracovník Českého statistického úřadu za kraj Vysočina), na kterého byl formou emailu vznesen dotaz, ve kterém byla uvedena žádost o poskytnutí informací o počtu lidí ve vypsáných obcích (*tabulka 4*). Pan Ing. Witz velice ochotně spolupracoval a poskytl tabulku obsahující přesné informace o počtu obyvatel ze sčítání lidu 2001, protože jak uvedl, novější informace ČSÚ nemá k dispozici. Z obcí uvedených v *tabulce 4* z databáze vybral vše, co bylo možné. V ostatních případech, které nejsou uvedeny uvedl, že se zřejmě jedná o místní názvy sídlišť, které spadají pod základní sídelní jednotku.

**Tabulka 5;** Seznam obcí včetně počtu obyvatel

část obce	kód_obce	název_obce	okres	počet obyvatel celkem
Bojiště	568457	Bojiště	6101	141
Mstislavice	568457	Bojiště	6101	59
Veliká	568457	Bojiště	6101	53
	<b>568457</b>	<b>Bojiště</b>	<b>6101</b>	<b>253</b>
Bilantova Lhota	569623	Trpišovice	6101	17
Dobrovítova Lhota	569623	Trpišovice	6101	40
Koňkovice	569623	Trpišovice	6101	43
Remuta	569623	Trpišovice	6101	8
Smrčná	569623	Trpišovice	6101	12
Trpišovice	569623	Trpišovice	6101	38
	<b>569623</b>	<b>Trpišovice</b>	<b>6101</b>	<b>158</b>
Dobrá Voda Lipnická	568601	Dolní Město	6101	18
Dolní Město	568601	Dolní Město	6101	679
Loukov	568601	Dolní Město	6101	12
Meziklasí	568601	Dolní Město	6101	58
Rejčkov	568601	Dolní Město	6101	82
Smrčensko	568601	Dolní Město	6101	7
	<b>568601</b>	<b>Dolní Město</b>	<b>6101</b>	<b>856</b>



<sup>4</sup> Dostupné na: [www.czso.cz/](http://www.czso.cz/)

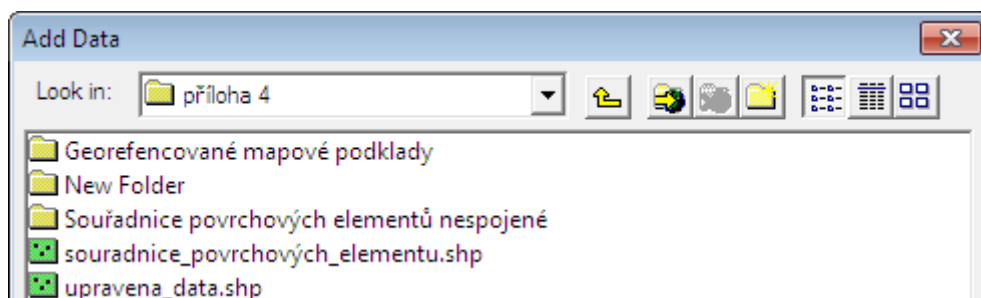
Dolní Paseka	568848	Kamenná Lhota	6101	9
Kamenná Lhota	568848	Kamenná Lhota	6101	240
	<b>568848</b>	<b>Kamenná Lhota</b>	<b>6101</b>	<b>249</b>
Háj	548090	Kaliště	6103	16
Holušice	548090	Kaliště	6103	26
Kaliště	548090	Kaliště	6103	257
Podivice	548090	Kaliště	6103	27
Staré Hutě	548090	Kaliště	6103	7
	<b>548090</b>	<b>Kaliště</b>	<b>6103</b>	<b>333</b>
Kouty	<b>548189</b>	<b>Kouty</b>	<b>6101</b>	<b>195</b>
Bohumilice	568902	Kožlí	6101	156
Kožlí	568902	Kožlí	6101	518
Sechov	568902	Kožlí	6101	74
	<b>568902</b>	<b>Kožlí</b>	<b>6101</b>	<b>748</b>
Horní Paseka	<b>548243</b>	<b>Horní Paseka</b>	<b>6101</b>	<b>71</b>
Proseč	<b>537829</b>	<b>Proseč</b>	<b>6103</b>	<b>80</b>

Ukázka získaných informací o počtu lidí v dané lokalitě. Vycházelo se z informací z kolonky *část obce*, kde je uveden přesný počet obyvatel v dané obci. Vesnice (místní části), o kterých nejsou evidovány informace u ČSÚ nebyly dohledány ani jiným způsobem, ale převážná většina z nich se nenachází v těsné blízkosti oblasti předpokládaného (vypočítaného) průniku kontaminace na povrch. Jedná se o obce Dolínky, Drábovna, Hlídek, Kocanda, Malé Bojiště, Pecký Mlýn, Pod Horami, Požirná, Rybníčky, U Pejšků, U Veletů, V Houpačkách a V Studánkách.

## 8.2 Vytvoření vrstvy obyvatel

Základní okno ArcMap je obdobné jako v QGIS, v pravé části je mapové okno (zde se nám vykresluje vytvořený výstup), do levé části je možné si přidávat různá nástrojová podokna a v horní části nástrojové panely. Práce s programem je obdobná QGIS, oproti QGIS nabízí více možností, nastavení a funkcí pro zpracování a analýzu dat. Není-li v levé části podokno pro pracování s vrstvami, je nutné ho přidat. V kontextovém menu klikneme na *Window* a vybereme *Table of Contents*, okno se nám zobrazí v oblasti mapového okna a po dvojkliku levým tlačítkem na hlavičku okna se samo zarovná do levé části.

Abychom mohly s daty nějak pracovat, musíme je nejdříve načíst. Načtení nové vrstvy se provede pomocí tlačítka , případně přes kontextové menu *File*, kde vybereme *Add Data*. V případě, že v otevřeném okně (*Add Data*) není složka, v které máme vrstvu uloženou musíme se pomocí tlačítka  (*Connect To Folder*), které se nachází v pravé horní části, ke složce obsahující vrstvu připojit (*obrázek 10*).



**Obrázek 10;** Okno pro načtení vstupních souborů

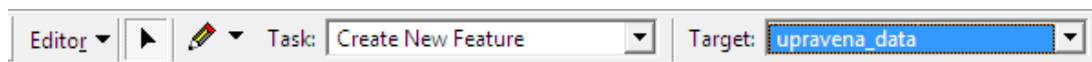
Jako první načteme vrstvu vytvořenou z výstupního souboru *upravena\_data.shp* (přepočítané souřadnice elementů), s touto vrstvou budeme pracovat a vytvoříme pomocí ní novou, která bude obsahovat pro každý element informaci o počtu obyvatel. Dále se musí přidat rastrová vrstva s vytvořeným mapovým podkladem, který byl vytvořen aplikací QGIS, tedy mapový podklad s koncovkou *\*.tif*. Tato vrstva obsahuje informace o provedené georeferencaci, takže po přidání se umístí tak jak bylo nastaveno v QGIS bez dalších nutných úprav. Načtení se provede stejným způsobem popsáním výše. Mapová vrstva byla přidána z důvodu, aby bylo možné podle mapy určit, které elementy se nacházejí v dané vesnici a přiřadit jim tak novou informaci o počtu obyvatel.

Aby bylo možné k vrstvě přidávat nové informace musíme kliknout pravým tlačítkem na vektorovou vrstvu a vybrat *Open Attribute Table*, čím se nám zobrazí atributová tabulka, do které bude za potřeby přidat nový sloupec, do kterého se následně přidají informace o počtu obyvatel.


Nový sloupec se přidá kliknutím na tlačítko *Options* v levé spodní části, kde se vybere *Add Field*. Otevře se nám nové okno, v kterém v horní části zadáme požadované jméno nově vytvořeného sloupce (například tedy název *PocetLidi*, nebo libovolný název délky 10 znaků, případně delšího, bude automaticky zkrácen).

V položce *Type* vybereme *Double* a klikneme na tlačítko *OK*. Tím nám přibude nový sloupec, který ve všech záznamech obsahuje nuly.

Abychom tyto hodnoty mohly měnit, je zapotřebí zapnout editační mód. Pro jeho zapnutí je potřeba přidat editační toolbar, který zapneme přes kontextové menu *View -> Toolbars* a zaškrtneme položku *Editor*.



Editace se zapne kliknutím na tlačítko *Editor*, na tomto přidaném toolbaru a klikneme na *Start Editing*, následně v *Task* vybereme *Create New Feature* a v *Target* vybereme vrstvu, kterou chceme editovat (tedy vrstvu *upravena\_data*). Tímto můžeme data editovat.

Nyní je třeba daným elementům přiřadit informace o počtu lidí. Velkou výhodou je, že v našem vytvořeném sloupci, který budeme editovat, jsou přednastaveny nuly, a budou se muset editovat pouze ty elementy, které se vyskytují v osídlené oblasti. Výběr elementů vyskytujících se v osídlené oblasti vybereme pomocí tlačítka , po jehož kliknutí můžeme označovat jednotlivé elementy v mapovém okně. Tato část je časově náročná, je potřeba postupně podle mapového podkladu vybrat pro každou obec takové elementy, které se vyskytují v její oblasti. Uvedeme si příklad jak postupovat u jedné obce, stejný postup se pak opakuje pro zbylé obce v celé oblasti.

Vezmeme-li například obec Trpišovice, po dostatečném přiblížení označíme elementy, které se nacházejí v oblasti obce. Jak si lze všimnout na *obrázku 11*, označené elementy jsou zvýrazněny odlišnou barvou. Máme-li vhodné elementy označeny, klikneme pravým tlačítkem na vrstvu, v které jsme si připravili sloupec pro vkládání hodnot a otevřeme atributovou tabulku (*Open Attribute Table*). Abychom nemuseli postupně projíždět a hledat označené elementy ve spodní části atributového okna, přepneme *Show* místo *All* na *Selected*, čímž se nám zobrazí pouze námi vybrané elementy.

Podle *tabulky 5* víme, že samotná obec Trpišovice má 38 obyvatel. 38 obyvatel tedy musíme rozdělit mezi 5 elementů a zapsat údaj do atributové tabulky. Tento způsob aplikujeme na všechny ostatní obce nacházející se ve zkoumané oblasti. Máme-li editaci dokončenou je potřeba editování ukončit. Před samotným

ukončením je potřeba editovaná data uložit. Uložení i ukončení editování se opět provede přes toolbar editování, kde po kliknutí na *Editor* vybere nejdříve *Save Edits* pro uložení editace a následně *Stop Editing* pro ukončení editace.



**Obrázek 11;** Znáznorněný výběr vhodných elementů

Takto upravenou vrstvu je možné uložit jako samostatnou novou vrstvu následujícím způsobem. Po kliknutí pravým tlačítkem vybereme *Data -> Export Data* v následujícím okně vybereme *Selected features*, zaškrtneme *this layer's source data* a ve spodní části zvolíme cestu výstupního souboru, název a klikneme na *OK*. Po dokončení se nabídne zda se má nově vytvořená rovnou přidat či nikoli. V příloze 5 je pod názvem *vrstva\_lide* přiložena kompletně vytvořená vrstva, která má pro elementy vyskytující se v obydlené oblasti přiřazenou hodnotu počtu obyvatel.

### **8.3 Vytvoření vrstvy nesoucí hodnoty pravděpodobností pro zvolenou koncentraci v čase**

Aby bylo možné stanovit hodnotu společenského rizika, k vrstvě obsahující informace o počtu obyvatel žijících na daných elementech oblasti je zapotřebí vytvořit další vrstvu, která bude obsahovat pro všechny elementy hodnotu jednotkového individuálního rizika. Tyto hodnoty, jak již bylo popsáno v kapitole 6.1, je možné získat pomocí programu *program pro práci se soubory mm\_t.pos*. Z programu *program pro práci se soubory mm\_t.pos* po zadání námi zvolené koncentrace, získáme výstupní soubor obsahující ke každému povrchovému

elementu pravděpodobnosti (pravděpodobnost s jakou nebude překročena námi zadaná koncentrace) v časech 0 až 50 000 let s krokem 5 000 let.

V následující části budou data načtena pomocí ArcGIS, a bude uvedeno, jak data připojit k vrstvě. Pro usnadnění práce byl vytvořen v Excelu soubor s názvem *data.xlsx* (dostupný v příloze 5), v kterém jsou obsaženy, v jednotlivých listech, hodnoty pravděpodobností pro následující koncentrace 1, 2, ..10, 20, ..100, 200, ..1000, 2000, ..10000, ..20000..50000. Data pro tento soubor vznikla postupným generováním hodnot pravděpodobností pro vypsané koncentrace pomocí programu *program pro práci se soubory mm\_t.pos* viz kapitola 6.1.2.

V první části je zapotřebí vytvořit vrstvu, která bude obsahovat všechny povrchové elementy a jejich upravené souřadnice (výstupní soubor ze software *UpravaDat*), případně tuto vrstvu načíst z dřívější realizace. Návod jak postupovat při vytvoření nové vrstvy, či načtení již vytvořené, je detailně popsán v kapitole 8.2.

Má-li vrstvu přidanou, přejdeme k připojení tabulky pravděpodobností k naší vrstvě. Klikneme na vrstvu pravým tlačítkem a vybereme *Joins and Relates* (připojení a relace) a zvolíme *Join*. V otevřeném okně v části *What do you want to join to this layer?* vybereme *Join attributes from a table*, což nám umožní k vrstvě připojit tabulku. V části *Choose the field in this layer that the join will be based on* vybereme na základě čeho má být připojovaná tabulka připojena, v našem případě tedy zvolíme *CisloEleme*, protože v připojované tabulce se také vyskytuje sloupec s elementy.

Dále v *Choose the table to join to this layer, or load the table from disk* klikneme na tlačítko otevřít a otevřeme vytvořený soubor s námi zvolenou koncentrací (tento soubor je před načtením potřeba přeformátovat například pomocí MS Excel tak, že nahradíme u desetinných čísel tečky za čárky, jelikož program *program pro práci se soubory mm\_t.pos* generuje desetinná čísla oddělena tečkou a ArcGIS vyžaduje oddělení čárkou). Případně můžeme využít vytvořeného souboru *data.xlsx*, který je dostupný v příloze 5, který již obsahuje správně formátované pravděpodobnosti pro výše vypsané koncentrace. Zvolíme-li tento soubor, po jeho nalezení na něj klikneme a klikneme na *Add*, čímž se nám zobrazí jednotlivé listy dokumentu pojmenované příslušnou koncentrací opětovným kliknutím na *Add* vybereme soubor pro zvolenou koncentraci.



V posledním výběru vybereme opět sloupec s elementy. V našem případě tedy sloupec *Element*, což způsobí, že ke každé hodnotě elementu z první tabulky přiřadí hodnoty z druhé tabulky odpovídajícímu elementu z první tabulky. Po kliknutí na *OK* je připojení dokončené, na výsledek se můžeme podívat do atributové tabulky,

kde přibyly sloupce obsahující pravděpodobnosti v jednotlivých časech.

V případě připojení nechtěného obsahu je možné propojení zrušit. Pravým tlačítkem klikneme na vrstvu a zvolíme *Joins and Relates -> Remove Join(s)*, zde se nám zobrazí všechny propojení, které lze zrušit kliknutím na zvolené. Vrstvu společně s propojením lze vyexportovat, takto vytvořená vrstva bude v sobě obsahovat rovnou připojená data bez nutnosti jejich opětovného připojení.

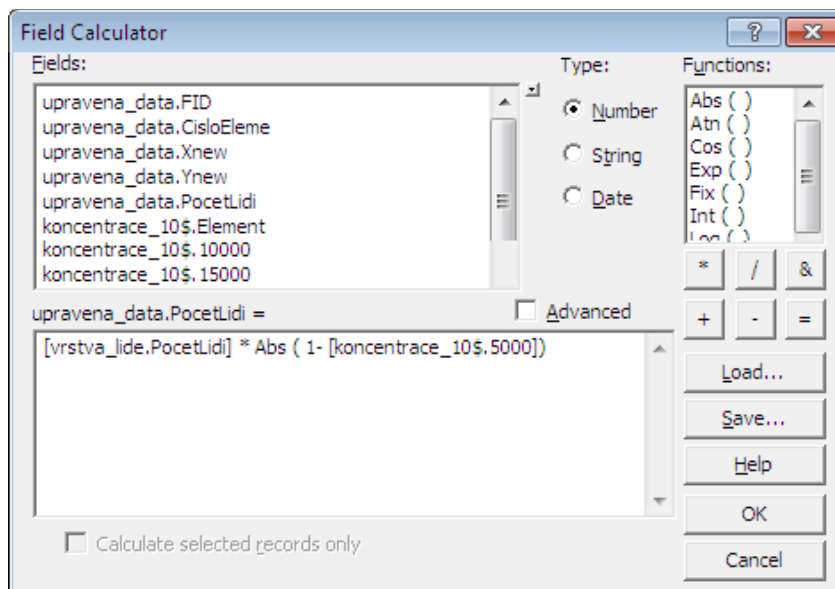
#### 8.4 Výpočet hodnot rizika

Pro stanovení hodnoty rizika v daném oblasti budeme potřebovat vrstvu obsahující upravené souřadnice povrchových elementů (programem *UpravaDat*) spolu s informacemi o počtu obyvatel na daných elementech (viz. kapitola 8.2) a tabulku pravděpodobností v čase pro zvolenou koncentraci, kterou získáme pomocí programu *program pro praci se soubory mm\_t.pos* (kapitola 6.1.2). Abychom z hodnot pravděpodobností získali hodnoty jednotkových individuálních rizik, budeme na ně muset aplikovat vzorec 6.1.1. Aplikování vzorce a veškeré propočty k výpočtu společenského rizika budeme realizovat pomocí matematických nástrojů implementovaných v ArcMap.

Načteme vrstvu s počtem obyvatel (viz. kapitola 8.2), k této vrstvě připojíme námi vytvořenou tabulku pravděpodobností pro zvolenou koncentraci (je nutné převést tvar desetinných čísel na tvar, že celá část je od desetinné oddělena tečkou místo čárky, jak to generuje *program pro praci se soubory mm\_t.pos*), případně použít předpřipravený soubor obsahující sadu výsledků pro různé koncentrace (viz. kapitola 8.3).

Máme-li tabulku připojenou, otevřeme si atributovou tabulku, kde připojená data zkontrolujeme a přidáme nový sloupec, který se nazve například *Ovlivneno*. Tento sloupec poslouží pro vložení vypočítaných hodnot, jehož suma bude hodnota společenského rizika pro zvolenou koncentraci. Abychom mohli hodnoty ve vrstvě editovat, musíme opět zapnout v panelu *Edit Start Editing*. Přejdeme znovu

do atributové tabulky a klikneme pravým tlačítkem na nově vytvořený sloupec (*Ovlivněno*) z nabídky vybereme *Field Calculator*, který nám umožní provádět výpočetní operace v rámci dat obsažených ve vrstvě (*obrázek 12*).



**Obrázek 12;** Ukázka okna Field Calculator

V levé části okna *Field Calculator* je nabídka všech polí, které jsou ve vrstvě a s kterými lze tedy počítat. V pravé části je nabídka funkcí, které lze pro výpočet použít a spodní část je určená pro samotný zápis rovnice pro výpočet.

Zaměříme-li se na naši problematiku, musíme pro zvolenou hodnotu koncentrace aplikovat na pravděpodobnosti vzorec 6.1.1 a tyto hodnoty pronásobit s hodnotami ve sloupci s počtem obyvatel. Po sečtení všech hodnot v tomto sloupci získáme hodnotu společenského rizika. Zápis tedy bude vypadat například následovně:

$$[vrstva\_lide.PocetObyva] * Abs ( 1 - [koncentrace\_30\$.50000])$$


$[vrstva\_lide.PocetObyva]$  reprezentuje hodnoty počtu obyvatel, která je vynásobena jednotkovým individuálním rizikem (doplňkem hodnoty pravděpodobnosti). Sumu všech nově vypočítaných hodnot (Společenské riziko) zjistíme kliknutím pravého tlačítka myši na hlavičku sloupce a vybereme *Statistics*, kde součet všech je pod položkou *Sum*.

Tímto způsobem lze stanovit společenské riziko pro libovolnou koncentraci a čas.

## 8.5 Grafické zobrazení dat

V kapitolách 8.1 - 8.4 se pracuje pouze s tabulkami a čísly, což bez dlouhého studování obsahu nám nedá přehledné a jasné podání výstupu, jako dává například graf. Proto se v této kapitole zaměříme na to, jak lze tyto data podat graficky, aby z nich bylo na první pohled možno vyčíst daná fakta.

Grafický výstup bude realizován pomocí rozšíření integrovaných přímo v ArcMap. Abychom tyto rozšíření mohly používat je nutné je zpřístupnit. Pro samotnou práci budeme potřebovat povolit nástroj *3D Analyst Tools*. První věc, kterou je potřeba udělat, je povolení rozšíření v nastavení, do kterého se dostaneme přes kontextové menu *Tools -> Extensions*, kde najdeme položku *3D Analyst* a není-li zaškrtnuta zaškrtneme ji a okno zavřeme.

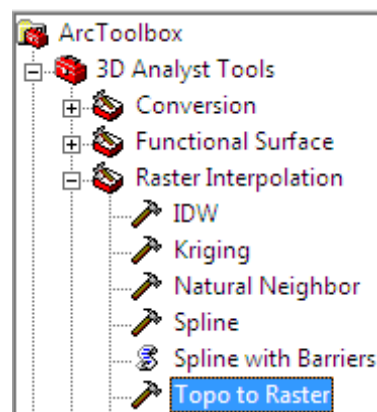
Dále v kontextovém menu *Window* vybereme *ArcToolbox*, případně klikneme na ikonku , která se nachází na hlavním panelu, čímž zobrazíme okno s *Toolboxy*. V případě, že v seznamu *Toolboxů* *3D Analyst Tools* není, přidáme ho kliknutím pravým tlačítkem do oblasti okna mimo ostatní *toolboxy*. Vybereme *Add Toolbox* a v otevřeném okně rozklikneme *Look in* kde ve spodní části zvolíme *Toolboxes* následně pak *System Toolboxes -> 3D Analyst Tools* a dáme *open*. Tím máme *Toolbox* připraven k používání.

Pro samotné vykreslení bude z *3D Analyst Tools* použito *Raster Interpolation*, z kterého použijeme *Topo To Raster*, který nám umožní převést data na rastr. Čímž z dat v tabulkách získáme snáze čitelný grafický výstup.

Abychom mohly rastr vytvořit, musíme mít vrstvu obsahující data, která chceme graficky podat například pravděpodobnosti pro danou koncentraci

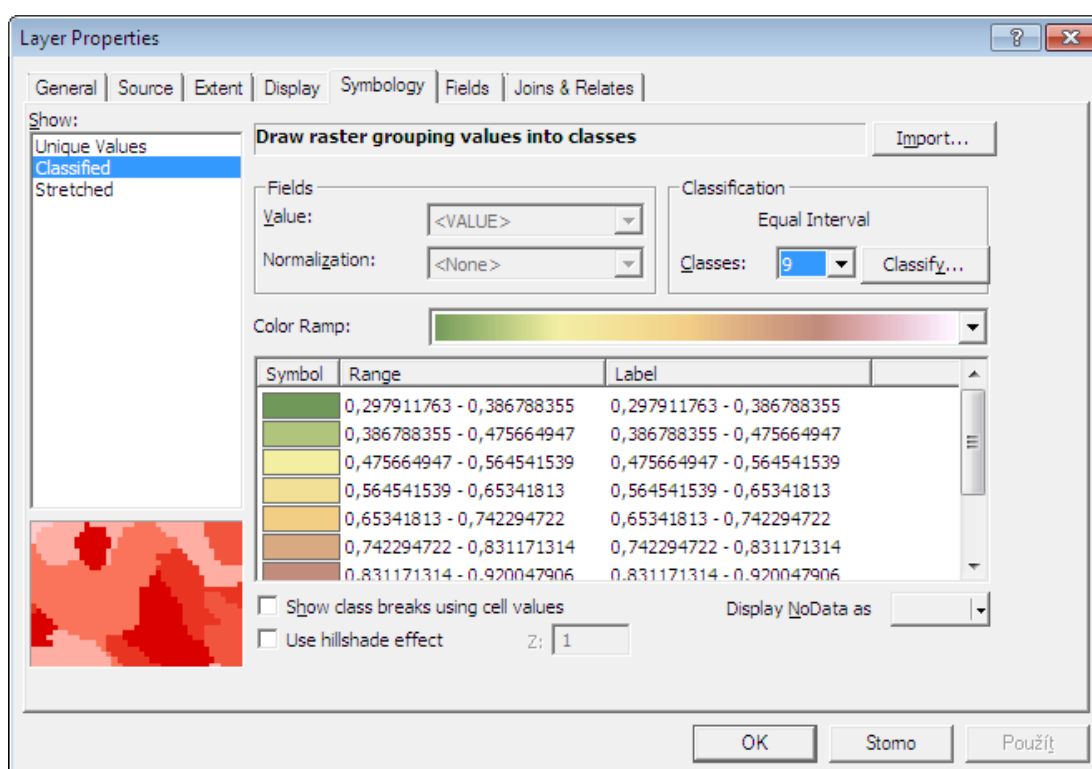
v určitém čase, počet obyvatel v oblasti, atd. Máme-li připravenou vrstvu, vybereme v okně *toolbox 3D Analyst Tools -> Raster Interpolation -> Topo To Raster*, čímž se nám otevře okno s nastavením.

Do položky *Input feature data* pomocí šipky vybereme vrstvu obsaženou v projektu, z které budou brána data, případně ji načteme ze souboru. Načtená vrstva se nám zobrazí v prostřední části okna, nyní ve sloupci *Field* vybereme, z jakých dat z vrstvy má být vytvořen výsledný rastr. Ve sloupci *Type* vybereme *PointElevation*.



Pak už jen v *Output surface raster* zvolíme cestu a název výsledného rastru. Ostatní položky nastavení ponecháme jak jsou přednastavena a klikneme na *OK*. Po dokončení převodu se vytvořený rastr automaticky přidá do projektu.

Vytvořený rastr lze editovat, je možné upravit barevnou škálu a definovat ručně či automaticky rozsahy hladin jednotlivých barev. Barvy jednotlivých hladin lze změnit přímo kliknutím na obdélník s danou barvu a přiřadit mu jinou barvu. V případě v *Properties* nastavit, že má být barva průhledná. Do rozsáhlejšího nastavení vrstvy se dostaneme dvojklikem levého tlačítka na vrstvu, čímž otevřeme okno s vlastnostmi vrstvy *Layer Properties* (obrázek 13).



**Obrázek 13;** Okno pro nastavení vlastností rastrové vrstvy

Zde například v záložce *Display* lze nastavit průhlednost (*Transparency*), což je možné použít například při vytváření výstupu, který se skládá z více vrstev zobrazených přes sebe.

Nejdůležitější je záložka *Symbology*, zde lze nastavit zásadní vlastnosti rastru. V levé části lze místo *Classified* vybrat *Stretched*, což nám vytvoří z hodnot maxima a minima plynulý přechod. Použitím *Classified*, lze rozlišit menší změny

s použitím vhodné klasifikace. V části *Classification* můžeme rovnou vybrat hodnotu, která udává počet, na kolik tříd mají být rozděleny hodnoty.

Je-li zapotřebí upravit škálování nějak specificky, po klepnutí na tlačítko *Classify* se přepneme do manuálního nastavení, kde je možné ve střední části, přímo pomocí myši posouvat různé hladiny, případně v pravé části je možné jednotlivým hladinám vepsat přímo požadovanou hodnotu.

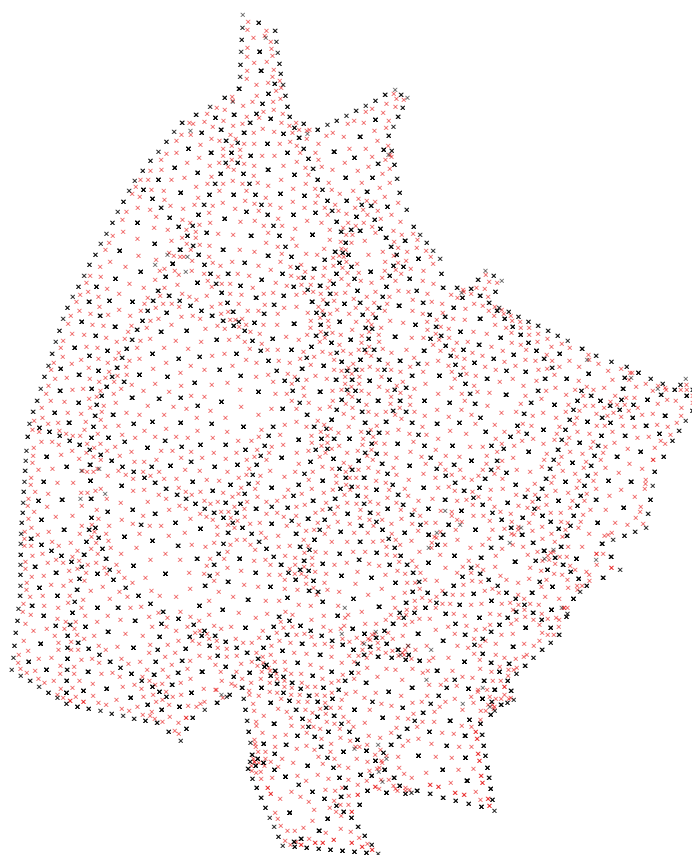
V předchozím okně pomocí *Color Ramp* lze měnit barevnou paletu, jejíž sled barev je možné také změnit, klikneme-li pravým tlačítkem do tabulky pod *Color Ramp* a vybereme *Flip Colors*. Takto lze nakonfigurovat vlastnosti tak, aby výsledek splňoval naše očekávání.

Tímto způsobem lze z libovolných vrstev převést různé informace do rastru a získat tím přehledný grafický výstup. Jediným nedostatkem takto vytvořeného rastru jsou vykreslované body v okrajích oblasti, jelikož za okraj oblasti nejsou definované hodnoty, tak se je program snaží doplnit, čímž občas vznikají po okrajích nepřesnosti neodpovídající skutečnosti (*obrázek 15*). Jelikož se jedná pouze o nástroj pro zobrazení, na počítané výsledky to nemá žádný vliv.

## 9. UKÁZKOVÉ PŘÍKLADY

Tato kapitola již bude zaměřena na konkrétní dva příklady včetně ukázek jejich výstupů. Realizace těchto příkladů vychází z postupů popsaných výše. Postupy k dosažení cíle již nebudou nijak detailně popisovány. Vstupními daty budou tedy již konkrétně zvolené hodnoty a výsledkem budou vždy uvedeny grafické výstupy.

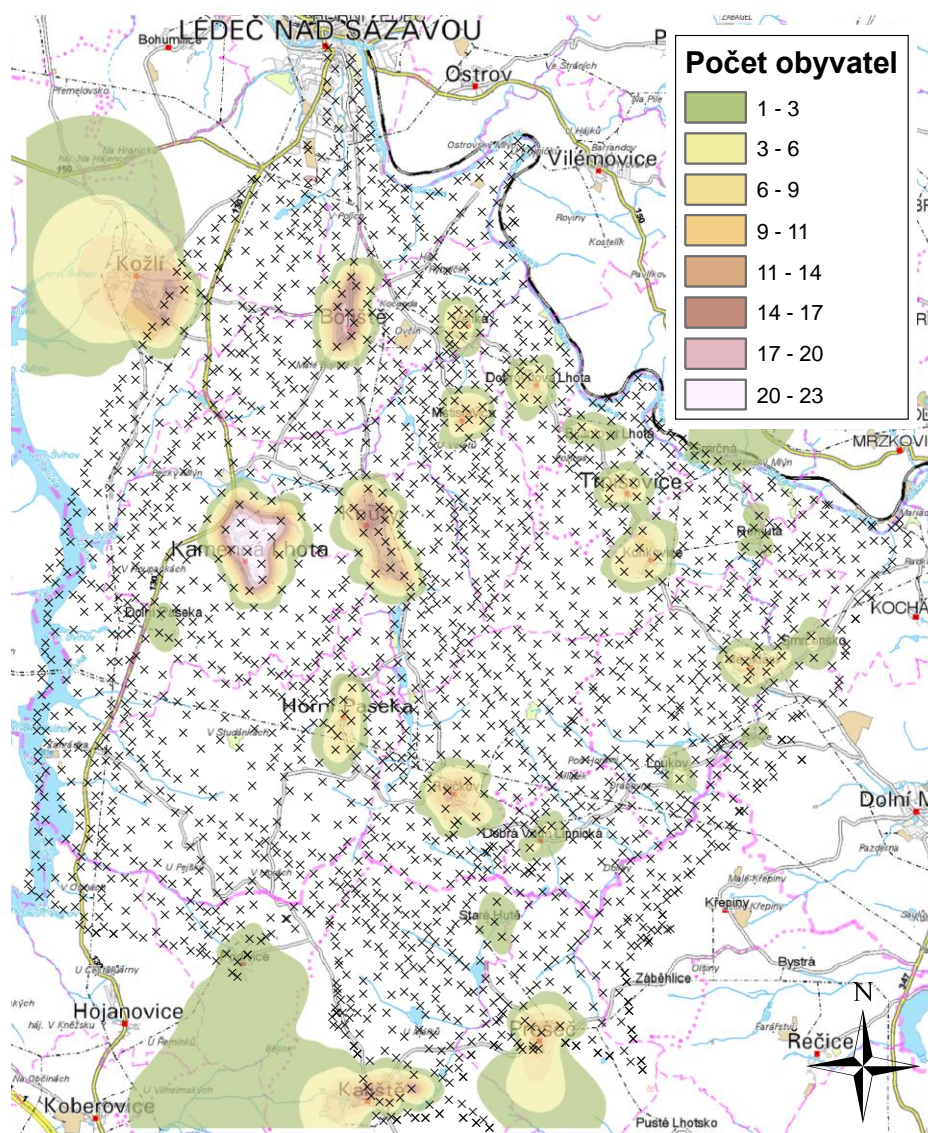
Podkladem pro oba příklady jsou dvě základní vrstvy. První vrstva obsahuje všechny původní povrchové elementy, která reprezentuje přesný tvar výpočtové oblasti melechovského masivu. Druhá vrstva obsahuje elementy upravené softwarem *UpravaDat*, který převede trojice vrcholů elementu na jeden bod nacházející se v těžišti. První vrstva slouží pouze pro georeferencování oblasti a s druhou vrstvou se provádějí všechny následující výpočty. Obě vrstvy jsou zobrazeny na následujícím obrázku 14.



**Obrázek 14;** Náhled vrstvy obsahující původní i upravené souřadnice elementů.

Černou barvou je na obrázku vyznačena původní vrstva povrchových elementů, černě pak upravená vrstva těžišť elementů.

Společným základem pro oba příklady je vytvořená vrstva nesoucí informace o souřadnicích elementů a počtu obyvatel na jednotlivých elementech. Jak již bylo uvedeno, počet obyvatel byl přiřazen druhé vrstvě (upravené). Na následujícím obrázku bude znázorněna vrstva s počtem obyvatel na elementu, kde počty lidí jsou graficky znázorněny pomocí rastru a vrstva je umístěna do mapy (je georeferencovaná).



**Obrázek 15;** Graficky znázorněn výskyt obyvatel v oblasti melechovského masivu

V místech, kde končí hranice oblasti, dochází k značným nepřesnostem. Tyto nepřesnosti jsou způsobeny tím, že ArcMap mimo oblast nemá žádné informace a snaží se je dopočítat, čím vznikají tyto nepřesnosti. Ve skutečnosti již v této oblasti žádná data zadaná nemáme a tudíž ani žádná neočekáváme.

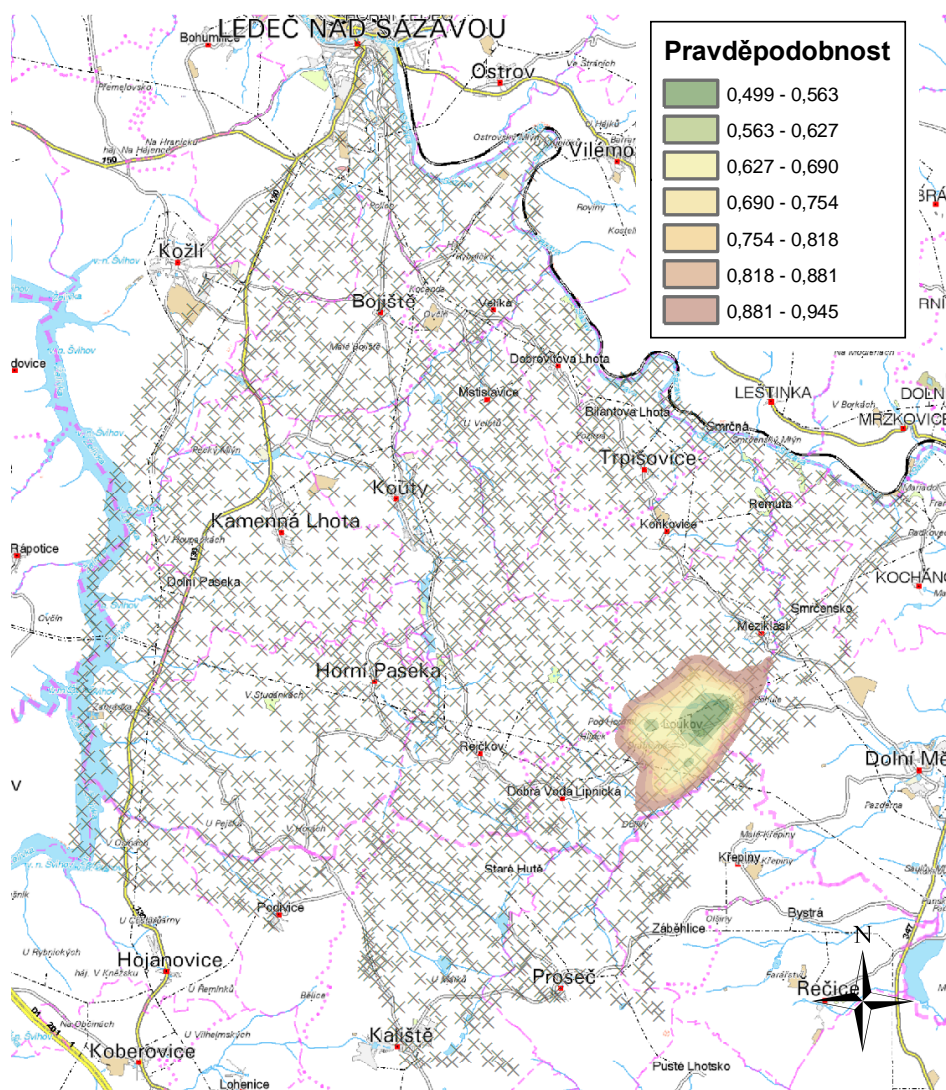


Informace o počtu obyvatel byly následně využity k vytvoření grafů, které jsou popsány v kapitole 10.

## 9.1 Příklad 1

Tento příklad bude zaměřen na již definovanou koncentraci v určitém čase a jeho výsledkem budou nejen grafické výstupy reprezentující vstupující data, ale ve výsledku bude i vypočtena hodnota společenského rizika na zkoumané oblasti, která bude taktéž vyobrazena graficky.

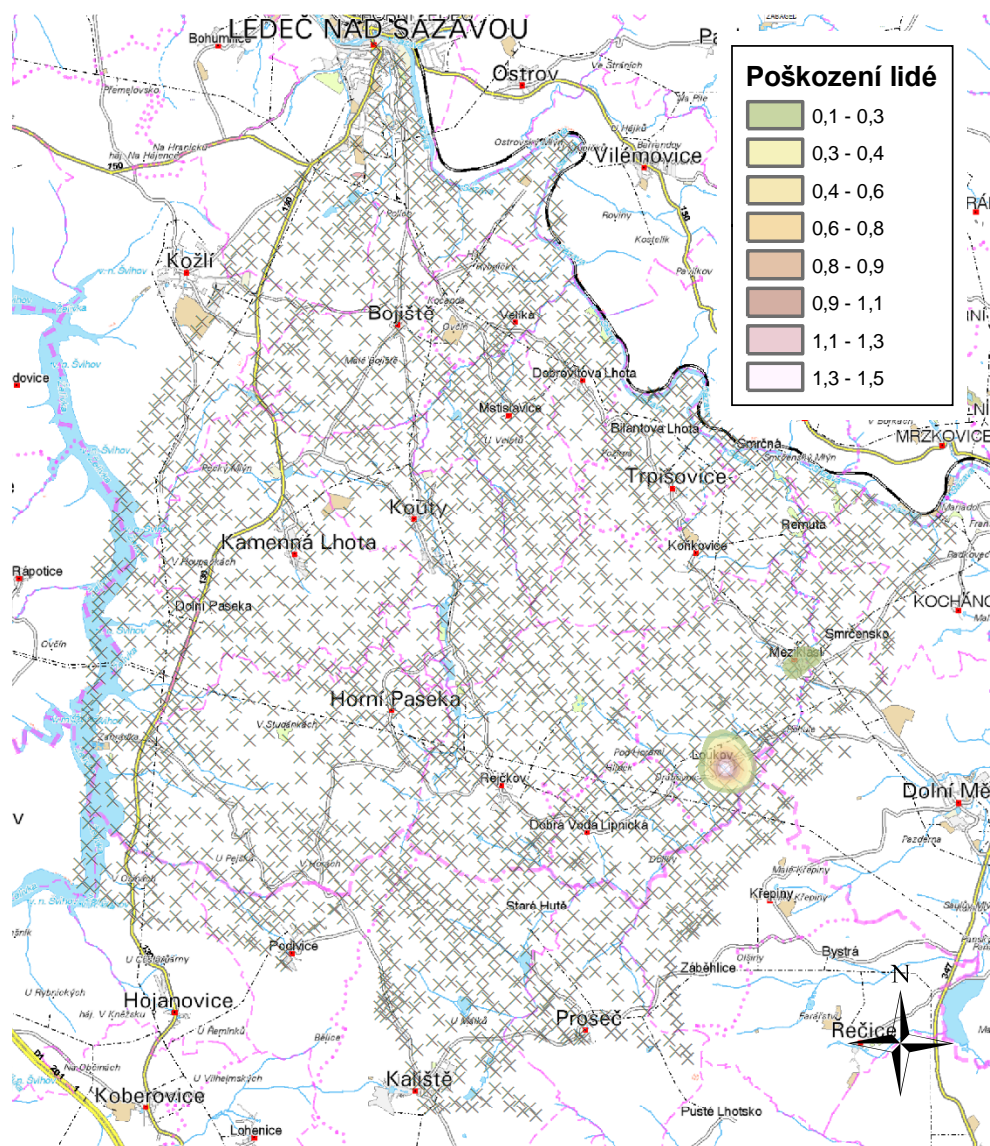
Pro tento příklad je zvolena jako kritická koncentrace 10, a čas 5 000 let.



**Obrázek 16;** Graficky znázorněné pravděpodobnosti pro koncentraci 10 v čase 5 000 let



Na *obrázku 16* je vyobrazena oblast, kde je vyznačena pravděpodobnost, jejíž hodnota udává, s kolika procenty nebude přesáhnuta zvolená koncentrace. Oblast překrývá obec Loukov a z části zasahuje obec Meziklasí. Na následujícím *obrázku 17* je vyobrazeno na jakých oblastech došlo k poškození lidí.



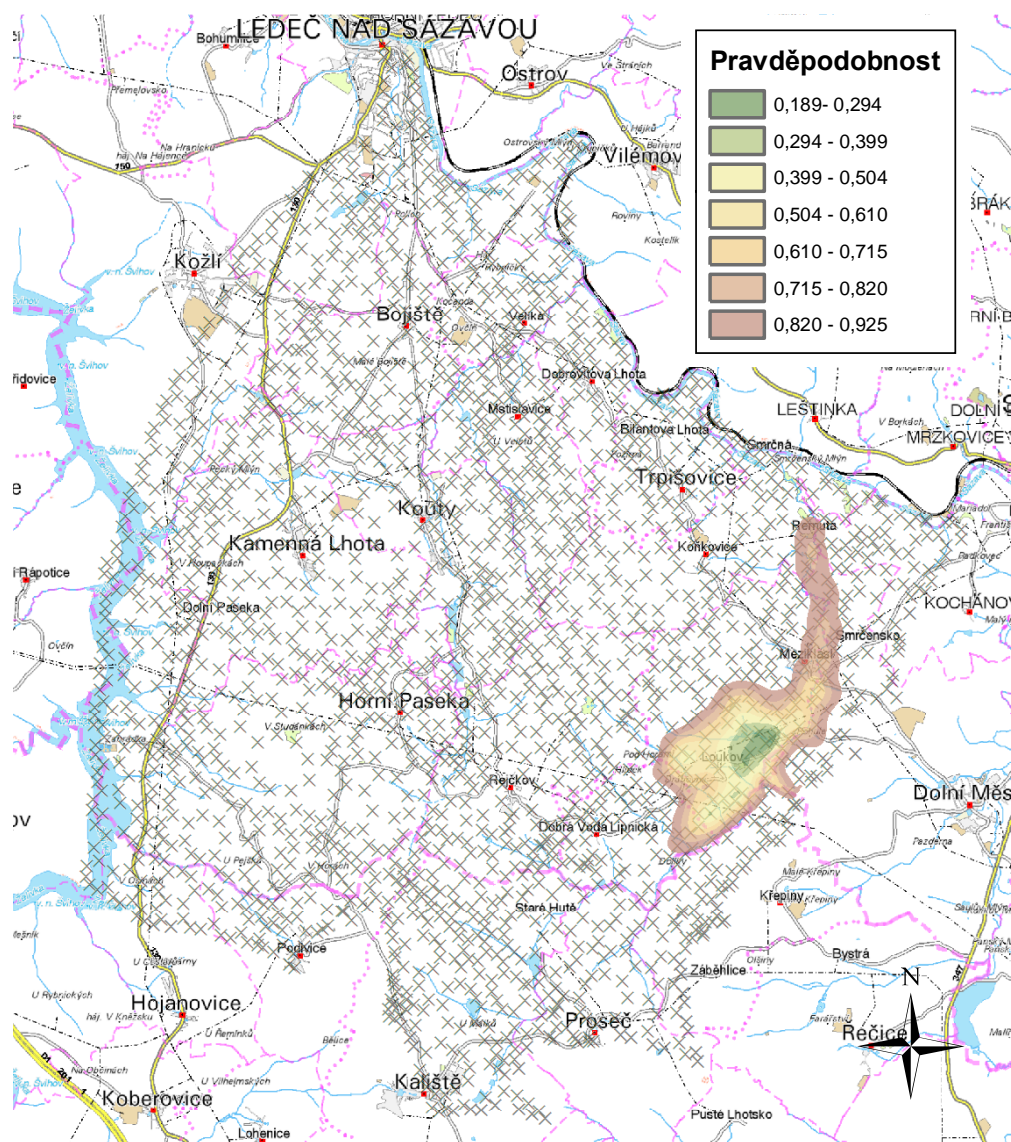
**Obrázek 17;** Graficky znázorněny poškození lidé pro koncentraci 10 v čase 5 000 let (Počet poškozených lidí vztažen na velikost elementu, tj. přibližně 20 000 m<sup>2</sup>)

Z obrázku 17 je patrné, že pro zvolenou koncentraci 10 a čas 5 000 let prostupující koncentrace na povrch ovlivňuje vesnice Loukov a Meziklasí viz. legenda *obrázek 17*. Součtem vykreslených dat z obrázku 17 získáme hodnotu jednotkového společenského rizika. Tato hodnota je uvedena v závěru *příkladu 2*, aby bylo možné porovnat rozdíly obou příkladů.

## 9.2 Příklad 2

V tomto příkladu si znázorníme, jak se situace změní, necháme-li stejnou hladinu koncentrace (tedy 10), ale změníme-li čas. V *příkladě 1* byl uvažován nejnižší možný čas, tedy 5 000 let. V tomto příkladu zvolíme maximální hodnotu, tedy 50 000 let, aby bylo patrné, jak se s časem jednotkové individuální riziko a následně dopočítané jednotkové společenské riziko mění.

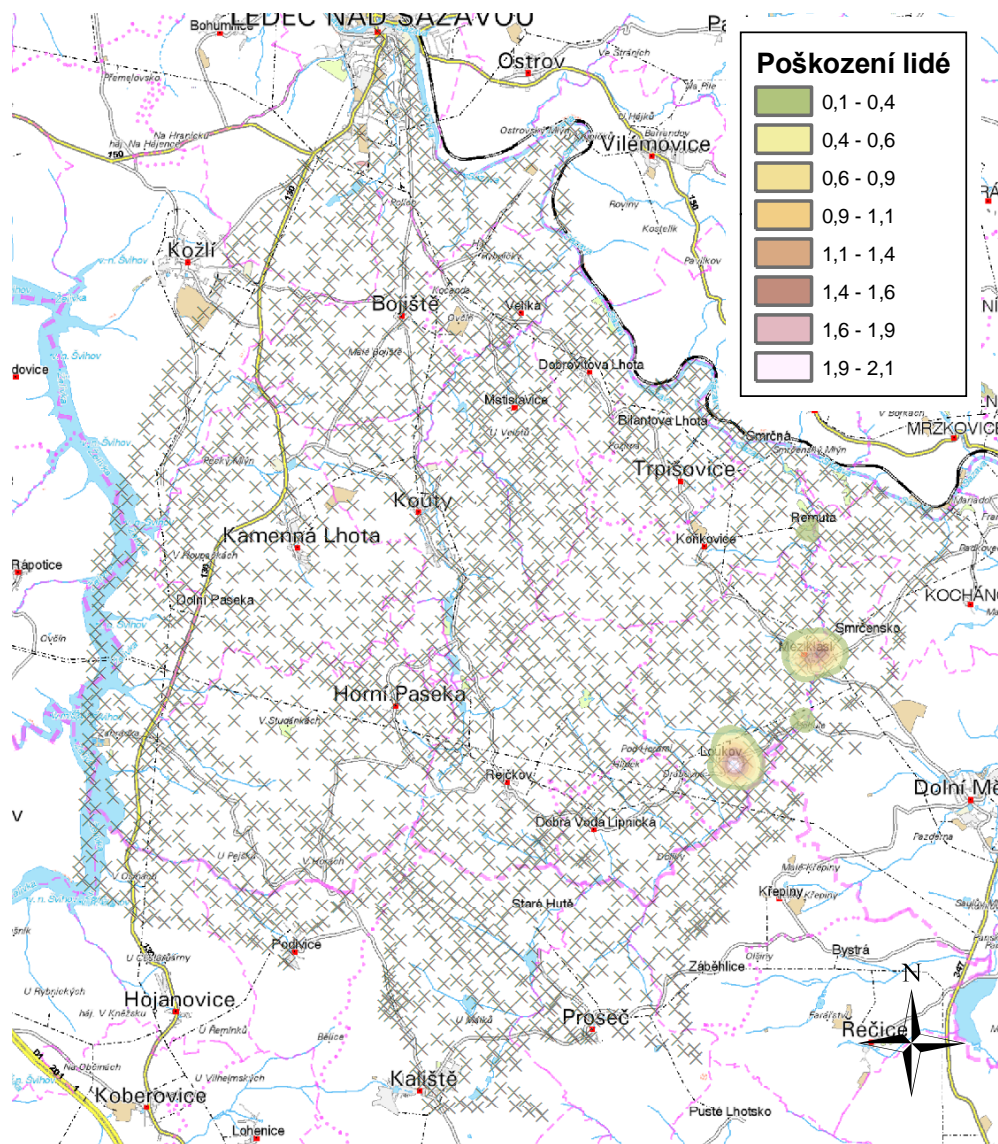
Na následujícím obrázku jsou vyobrazeny hodnoty pravděpodobností pro zvolenou kritickou koncentraci 10 a čas 50 000 let.



**Obrázek 18;** Graficky znázorněné pravděpodobnosti pro koncentraci 10 v čase 50 000 let



Z obrázku 18 je oproti obrázku 16 patrné, že oblast se významně zvětšila, nyní již nezasahuje pouze obce Loukov a Meziklasí, ale i obce Rohule a Remuta. Nejeze se zvětšila oblast, ale především se zvětšily pravděpodobnosti, čímž dojde i k většímu poškození osob, jak je patrné na následujícím obrázku, zobrazujícím právě počet poškozených osob pro kritickou koncentraci 10 v čase 50 000 let.



**Obrázek 19;** Graficky znázorněny poškození lidé pro koncentraci 10 v čase 50 000 let

Na obrázku 17 a obrázku 19 jsou graficky vyobrazeny poškození lidé v oblasti melechovského masivu. Těchto hodnot se docílilo pronásobením jednotkových individuálních rizik (doplňků koncentrace) s počtem lidí odpovídajícím

daným elementům. Součtem všech hodnot poškozených lidí v celé oblasti získáme výslednou hodnotu jednotkového společenského rizika.

Od původní hodnoty (získané s celkové sumy) jednotkového společenského rizika se musela odečíst hodnota 0,794. Tato hodnota se musela odečíst, z toho důvodu, že koncentrace vystupující z programu *program pro práci se soubory mm\_t.pos* nabývají v maximální hodnotě pouze hodnoty 0,995 místo 1. Takže při výpočtu společenského rizika v oblasti, kde žijí lidé, kteří jsou mimo oblast průstupu kontaminace na povrch by měla být hodnota jednotkové individuální rizika rovna nule, ale díky tomu je rovna hodnotě 0,005. Vynásobíme-li tedy tuto hodnotu počtem všech žijících obyvatel v celé zkoumané oblasti, získáme již zmíněnou konstantu 0,794, kterou je nutné od jednotkového společenského rizika odečíst.

V prvním *příkladu 1* je pak výsledná hodnota společenského rizika 4,022 a pro *příklad 2* 13,521. Tyto hodnoty lze například vyčíst z atributové tabulky, klikneme-li pravým tlačítkem na hlavičku sloupce a vybereme *Statistic*, součet je pak uveden u klíčového slova *Sum*.

Výše uvedené výsledky jsou pouze informativní, skutečné nebezpečné hodnoty koncentrace jsou řádově vyšší, než je zvoleno ve zdejším příkladě. Pro vyhodnocení těchto nebezpečných koncentrací by bylo nutné provést řádově vícekrát náhodných realizací. Proto pro vykreslení grafů byla zvolena nižší koncentrace, kdy výsledné hodnoty společenského individuálního rizika nejsou nulové.

### 9.3 Znázornění faktů do grafů

Jak je z předchozích příkladů patrné, se změnou koncentrace a času, se mění vliv působení na obyvatele. Tyto změny jsou znázorněny na následujících obrázcích, kde jsou uvedeny grafy, které byly vytvořeny ze vstupních dat.

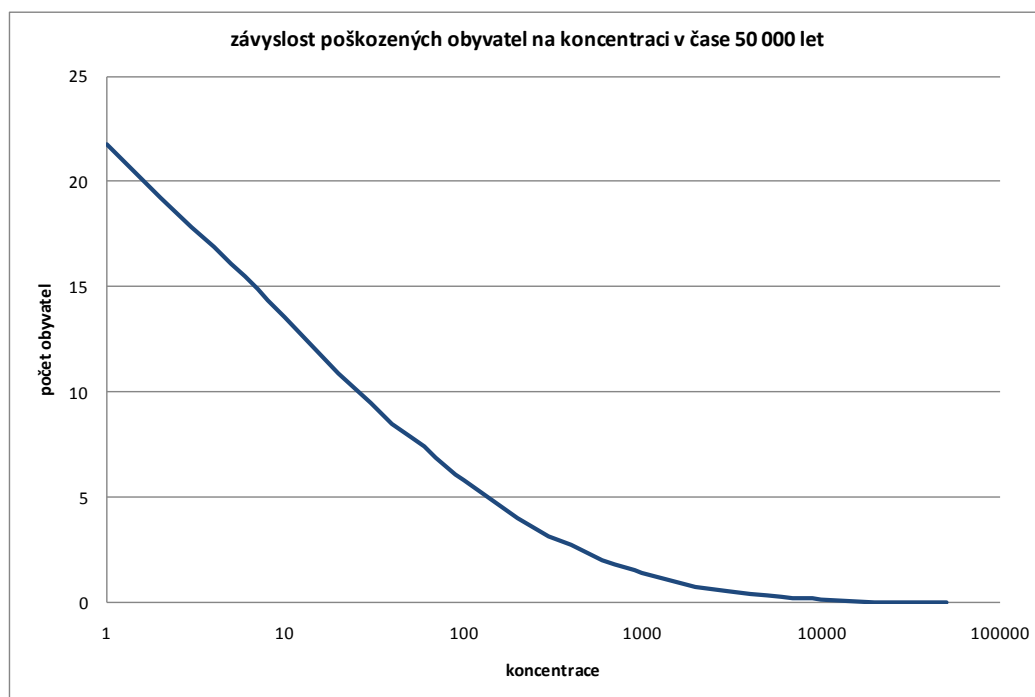
Na následujícím *obrázku 20* je vyobrazena závislost pravděpodobnosti na změně koncentrace, pro demonstraci toho průběhu byl zvolen element číslo 3 873, který dosahuje nejvyšších hodnot v celé zkoumané oblasti. Hodnoty pravděpodobnosti udávají s jakou pravděpodobností nedojde k přesažení dané koncentrace (například je-li hodnota pravděpodobnosti rovna 0,6, znamená to, že z 60 % pravděpodobností nedojde k přesáhnutí hodnoty dané koncentrace, nebože ze 40 % pravděpodobností dojde k přesáhnutí dané koncentrace). V grafu je vyobrazena závislost ve všech možných časech, tedy od času 0, kde je pravděpodobnost rovna

jedné (vstupní data vycházejí z podmínky, že v čase nula je průstup kontaminace nulový) až pro čas 50 000 let s krokem 5 000 let. Osa X, na které jsou vyneseny hodnoty koncentrace je v logaritmickém měřítku, čímž je z výsledného grafu lépe čitelný průběh.

Z grafu lze tedy vyčíst, že čím nižší je zvolená kritická hladina koncentrace tím více se ze zvyšujícím se časem snižuje pravděpodobnost (tedy zvyšuje společenské riziko).



**Obrázek 20;** Graf závislosti pravděpodobnosti na koncentraci pro element 3 873



**Obrázek 21;** Graf závislosti poškozených obyvatel na koncentraci v čase 50 000 let

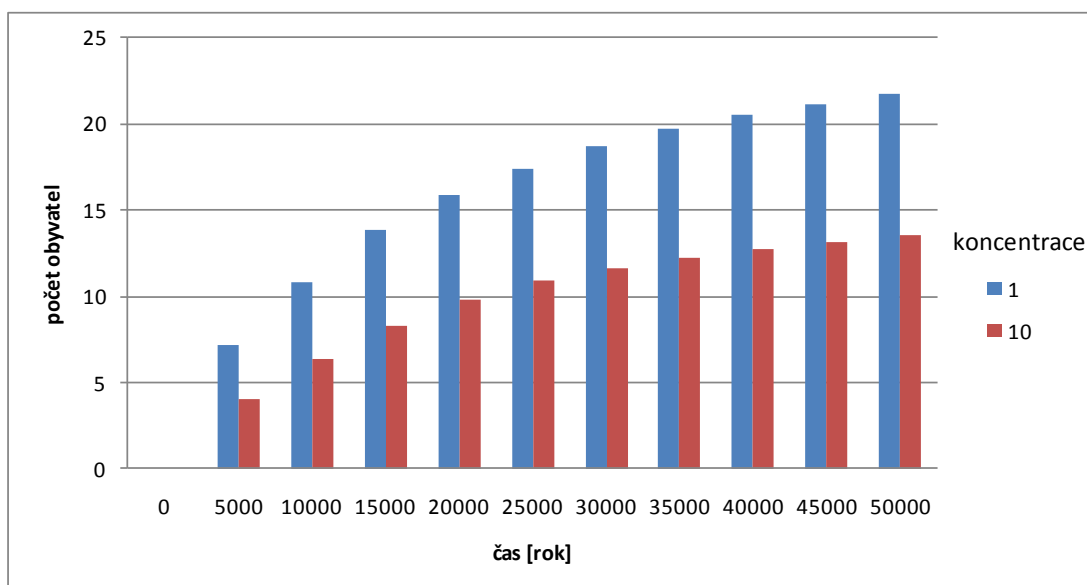
Graf na *obrázku 21* znázorňuje, jak se v závislosti na koncentraci mění počet poškozených obyvatel. Závislost byla vytvořena pro maximální možný čas 50 000 let. Osa X s koncentrací je opět v logaritmickém měřítku.

Z grafu je patrné, že se zvyšující se hladinou kritické koncentrace se snižuje počet poškozených obyvatel, který se blíží až k nule. Ze stejného důvodu, jako je popisováno v *kapitole 9.2* byla odečtena konstanta 0,794.

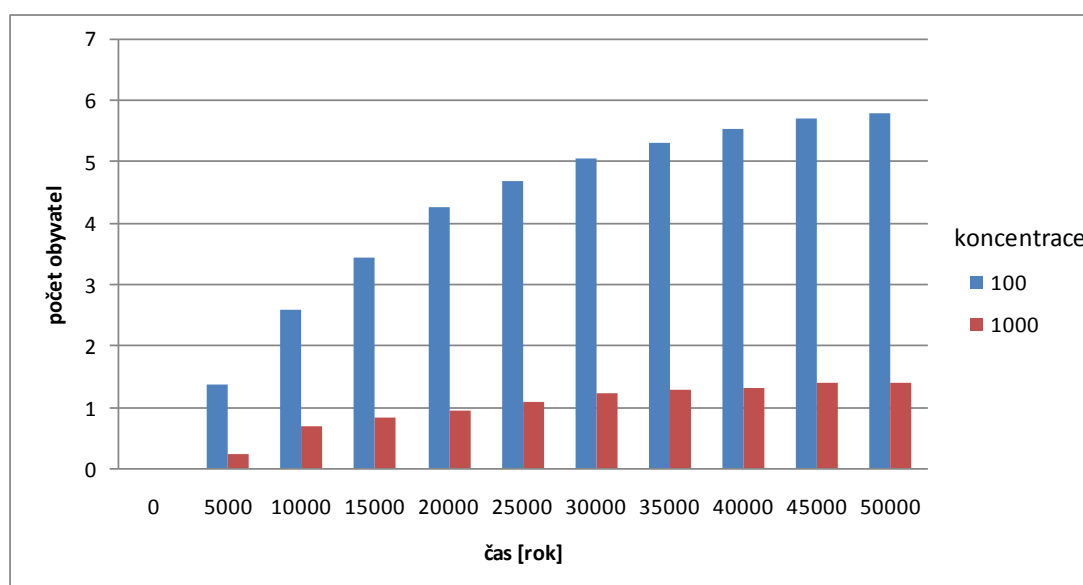
Následující trojice grafů (*obrázek 22 – 24*) znázorňují průběhy poškozených obyvatel v závislosti na čase ve zvolených kritických koncentracích 1, 10, 100, 1 000, 10 000 a 50 000.

Z grafů je patrné, že čím menší je zvolená kritická koncentrace tím více dojde k poškození obyvatel. Dále je patrné, že se stoupajícím časem stoupá i počet poškozených lidí.

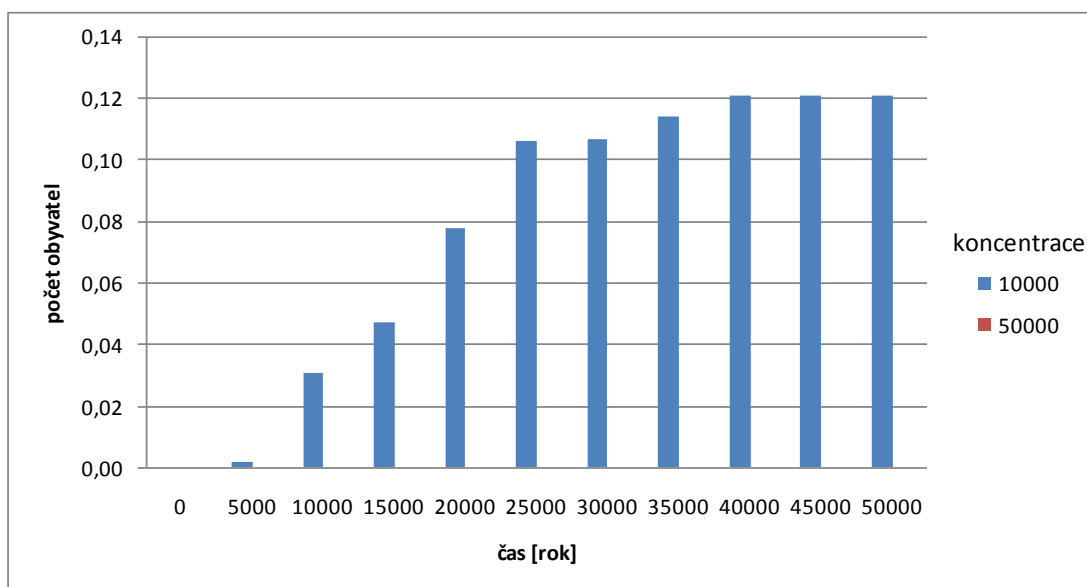
Podklady k vytvoření grafů na *obrázcích 20 a 21* jsou přiloženy v *příloze 5* (soubor *data.xlsx*; záložka *vypocty*), pro *obrázky 22-24*, v *příloze 6* (soubor *grafy.xlsx*). V *příloze 6* je uložen i kompletní projekt s názvem *priklady.mxd* obsahující kompletně vytvořené příklady z *kapitol 9.1 a 9.2*.



**Obrázek 22;** Graf závislosti poškozených obyvatel na čase pro koncentrace 1 a 10



**Obrázek 23;** Graf závislosti poškozených obyvatel na čase pro koncentrace 100 a 1 000



**Obrázek 24;** Graf závislosti poškozených lidí na čase pro koncentrace 10 000 a 50 000



## 10. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo získat hodnoty individuálního a společenského rizika, které vyplývá z uložení radioaktivního odpadu v hlubinném úložišti v hypotetické oblasti melechovského masivu. Vstupní data byla získána z programu *program pro práci se soubory mm\_t.pos* (kapitola 6.1), který zpracovává výstup z programu Flow123D (kapitola 5). Výsledkem tohoto softwaru jsou hodnoty pravděpodobností, že nebude překročena koncentrace kontaminující látky na všech povrchových elementech. Výše uvedený software dále umožňuje export souřadnic všech elementů tvořící model zkoumané oblasti.

V diplomové práci byl vytvořen software *UpravaDat* (kapitola 6.2), který vyfiltruje ze seznamu všechny povrchové elementy a transformuje jejich souřadnice do jednoho bodu - těžiště.

Druhý vstupní soubor do této práce obsahuje pravděpodobnost nepřekročení určité koncentrace kontaminující látkou, pro jednotlivé elementy v časech 0 až 50 000 let. Jednotkový doplněk takto získaných pravděpodobností určuje individuální jednotkové riziko na určitém povrchovém elementu. Následně z těchto získaných hodnot se stanoví míra společenského jednotkového rizika.

Souřadnice povrchových elementů byly použity pro georeferencování oblasti do mapového podkladu, čímž bylo možné jednotlivým elementům přiřadit hodnotu počtu žijících obyvatel. Georeferencování bylo provedeno aplikací QuantumGIS (kapitola 3.5). Samotné určení hodnoty společenského rizika je celé realizováno v aplikaci ArcGIS (kapitola 3.4).

Pro stanovení hodnoty společenského rizika bylo využito ArcGIS, protože pomocí něj lze vstupní data zobrazit v grafické podobě.

Kapitoly 6 – 8 této práce lze použít jako návod, podle kterého se určí hodnota společenského individuálního rizika pro zvolenou koncentraci a čas.

Softwarem *program pro práci se soubory mm\_t.pos* byly vypočítány pravděpodobnosti pro koncentrace 1, 2, ..., 10, 20, ..., 100, 200, ..., 50 000, které byly sloučeny do tabulky v programu MS Excel. Tento soubor s názvem *data.xlsx* je přiložen v příloze 5 a může posloužit pro budoucí realizace, jelikož výpočet pravděpodobností je časově náročný. Z tohoto souboru byly vytvořeny následující grafy:

- Závislosti počtu poškozených obyvatel (společenské individuální riziko) na koncentraci v čase 50 000 let (*obrázek 21 str. 63*).
- Závislosti počtu poškozených obyvatel na čase pro koncentrace 1, 10, 100, 1000, 10 000 a 50 000 (*obrázek 22-24 str. 64-65*).

Hodnoty společenského individuálního rizika na oblasti jsou pro zvolenou koncentraci v čase 50 000 let následující:

- koncentrace 1 – 21,752,
- koncentrace 10 – 13,521,
- koncentrace 100 – 5,795,
- koncentrace 1 000 – 1,41,
- koncentrace 10 000 – 0,121,
- koncentrace 50 000 – 0.

Výše uvedené výsledky jsou pouze informativní, skutečné nebezpečné hodnoty koncentrace jsou řádově vyšší, než je zvoleno ve zdejším příkladě. Pro vyhodnocení těchto nebezpečných koncentrací by bylo nutné provést řádově vícekrát náhodných realizací. Proto pro vykreslení grafů byla zvolena nižší koncentrace, kdy výsledné hodnoty společenského individuálního rizika nejsou nulové.

## 11. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] NOVÁK, Jan. *Hodnocení individuálního rizika pro obyvatelstvo v okolí místa silniční nebo železniční havárie s únikem plynné toxické látky*. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2008.
- [2] NOVÁK, Jan. *Obečný model rizika pro hodnocení nežádoucích událostí v průmyslu a dopravě*. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2007.
- [3] NOVÁK, Jan, SASKA, Tomáš. *Modelování rizik*. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2009.
- [4] MACEK, Lukáš. *Hodnocení společenského rizika při úniku nebezpečného plynu do ovzduší*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. 80 s. Diplomová práce. Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií.
- [5] KOMÁRKOVÁ, Jitka, KOPÁČKOVÁ, Hana. *Geografické informační systémy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008. 55 s. ISBN 978-80-7395-120-7.
- [6] DAVIS, David. *GIS pro každého: Vytváříme mapy na počítači*. Praha: Computer Press, 2000. 112 s. ISBN 80-7226-389-7.
- [7] LONGLEY, Paul, et al. *Geographic information systems and science* [online]. Second edition. Chichester: John Wiley & Sons, 2005 [cit. 2011-01-03]. 519 s. ISBN 0-470-87000-1. Dostupné z WWW: <<http://www.google.com/books?id=toobg6OwFPEC&lpg=PR9&ots=yiTcsREpxj&dq=Geographic%20information%20systems%20and%20science.&lr&hl=cs&pg=PA520#v=onepage&q&f=false>>.
- [8] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Geografický informační systém. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2011 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Geografick%C3%BD\\_informa%C4%8Dn%C3%AD\\_syst%C3%A9m&oldid=6694456](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Geografick%C3%BD_informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m&oldid=6694456)>.
- [9] PEŇÁZ, Tomáš. *Programové vybavení pro GIS* [online]. Ostrava, 2006. 35 s. [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: <[http://gisak.vsb.cz/~pen63/pv\\_gis\\_I/Programove\\_vybaveni\\_pro\\_GIS\\_I.pdf](http://gisak.vsb.cz/~pen63/pv_gis_I/Programove_vybaveni_pro_GIS_I.pdf)>.
- [10] NEUMANN, Jan. *Geografická informace*. Praha: Ministerstvo hospodářství ČR, 1996.

- [11] ARCDATA.CZ. Co je GIS. *arcdata.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.arcdata.cz/oborova-reseni/co-je-gis/>>.
- [12] *Welcome to the Quantum GIS Project* [online]. 2011 [cit. 2011-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.qgis.org/>>.
- [13] *GRASS GIS - The World Leading Free Software GIS* [online]. 2011 [cit. 2011-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://grass.fbk.eu/>>.
- [14] *Kristýna-GIS* [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.christine-gis.com/cz/>>.
- [15] *Kosmo - Plataforma SIG libre corporativa – Home* [online]. 2011 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.opengis.es/index.php?lang=en>>.
- [16] ARCDATA.CZ. ArcGIS Desktop. *arcdata.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/esri/arcgis-desktop/>>.
- [17] TICHÁ, Lenka. Výuka GIS s využitím programu Quantum GIS. *Gisdoskol.fp.tul.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://gisdoskol.fp.tul.cz/index.php/proucitele/softwaregis/quantum-gis>>.
- [18] PROCHÁZKA, Václav, ŽÁČEK, Miroslav, VLČEK, Vojtěch, LANGROVÁ, Anna. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008 - Chování některých prvků při zvětrávání granitoidů melechovského masivu* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2009 [cit. 2011-01-03]. ISSN 0514-8057. Dostupné z WWW: <<http://www.geology.cz/zpravy/obsah/2008/2008-53.pdf>>.
- [19] VÁVRA, Václav. VÁVRA, V. Melechov. *pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/Melechov/melechov.htm>>.
- [20] TREGL, Pavel. *Analýza transportujících se kontaminantů z úložiště radioaktivních odpadů v melechovském masivu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. 69 s. Diplomová práce. Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií.
- [21] *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. 2011 [cit. 2011-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://cuzk.cz/>>.

- [22] AUGUSTINOVÁ, Veronika. *3D model lokality historického bojiště Jihlava*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. 65 s. Diplomová práce. Fakulta stavební.
- [23] JANEČKA, Karel, PACINA, Jan. *Výukové materiály k předmětu KMA/UGI* [online]. Západočeská univerzita v Plzni. [cit. 2011-01-02]. Dostupné z WWW: <<http://gis.zcu.cz/studium/ugi/cviceni/index.html>>.

## PŘÍLOHA 1

### Seznam všech povrchových elementů

28	30	43	60	63	64	65	71	72	83	85	87	93
96	97	98	181	182	187	208	213	214	263	264	268	272
493	495	496	497	500	503	507	508	510	511	514	515	516
518	519	864	867	1025	1028	1031	1200	1203	1205	1336	1338	1339
1343	1344	1345	1350	1355	2801	2804	2806	2813	3103	3106	3110	3113
3114	3116	3124	3125	3127	3141	3144	3148	3154	3158	3161	3162	3166
3172	3180	3185	3191	3195	3200	3201	3207	3208	3211	3215	3222	3223
3227	3233	3240	3244	3247	3258	3274	3286	3316	3327	3354	3356	3357
3358	3362	3365	3375	3377	3378	3382	3383	3388	3390	3391	3395	3403
3405	3406	3410	3411	3416	3424	3428	3432	3435	3439	3447	3448	3456
3468	3470	3474	3478	3495	3497	3501	3504	3505	3515	3518	3522	3526
3536	3540	3542	3553	3558	3563	3571	3582	3588	3594	3603	3610	3624
3625	3629	3630	3634	3635	3639	3647	3651	3652	3662	3666	3668	3672
3678	3682	3686	3691	3698	3722	3726	3741	3744	3748	3749	3753	3756
3805	3810	3814	3830	3841	3858	3861	3865	3869	3873	3885	3889	3893
3894	3901	3906	3907	3909	3910	3912	3921	3926	3936	3938	3939	3941
3942	3953	3960	3961	3962	3963	3971	3982	3988	3990	3996	3997	4003
4016	4022	4023	4025	4027	4035	4038	4063	4064	4066	4068	4071	4075
4077	4086	4092	4096	4099	4113	4114	4120	4122	4128	4131	4133	4134
4136	4137	4142	4163	4181	4183	4188	4223	4276	4279	4281	4283	4285
4291	4298	4308	4309	4319	4320	4324	4329	4331	4332	4333	4338	4342
4345	4348	4349	4351	4355	4356	4357	4363	4364	4366	4369	4373	4375
4386	4389	4393	4397	4399	4402	4405	4408	4411	4421	4422	4424	4432
4435	4439	4466	4469	4470	4482	4494	4514	4524	4557	4558	4559	4562
4566	4567	4570	4572	4574	4577	4580	4581	4583	4584	4593	4595	4597
4600	4609	4614	4619	4627	4650	4653	4657	4661	4667	4670	4681	4684
4697	4701	4702	4706	4713	4767	4770	4772	4773	4774	4779	4782	4792
4794	4802	4806	4808	4809	4811	4819	4824	4827	4834	4837	4839	4845
4849	4851	4853	4860	4867	4871	4875	4879	4883	4888	4891	4893	4894
4899	4908	4924	4928	4931	4934	4954	4956	4966	4969	4973	4974	4977
4984	4988	4994	4999	5000	5001	5003	5006	5010	5025	5041	5042	5043
5047	5049	5051	5053	5057	5058	5060	5064	5074	5086	5104	5119	5120
5122	5123	5126	5131	5134	5136	5139	5143	5151	5153	5159	5165	5174
5178	5180	5182	5195	5197	5204	5206	5215	5253	5271	5283	5288	5289
5290	5294	5297	5314	5315	5317	5318	5319	5322	5324	5332	5333	5336
5344	5346	5349	5351	5353	5354	5357	5360	5363	5367	5372	5373	5375
5382	5386	5397	5408	5417	5422	5425	5427	5429	5441	5448	5462	5480
5490	5497	5498	5520	5521	5537	5549	5552	5554	5556	5560	5561	5563
5564	5567	5568	5571	5572	5577	5578	5582	5583	5587	5590	5591	5592
5594	5611	5615	5622	5627	5641	5645	5647	5655	5674	5683	5690	5702
5703	5720	5725	5727	5742	5750	5752	5754	5755	5758	5760	5762	5764
5770	5773	5774	5778	5779	5790	5792	5794	5804	5820	5824	5825	5831

5833	5838	5842	5847	5864	5868	5870	5878	5893	5899	5904	5930	5935
5960	5962	5967	6011	6022	6024	6026	6027	6029	6031	6032	6034	6040
6043	6049	6063	6065	6067	6068	6069	6070	6073	6079	6081	6087	6090
6093	6095	6096	6098	6100	6102	6104	6108	6109	6110	6113	6116	6122
6126	6127	6141	6161	6169	6171	6181	6194	6195	6199	6206	6208	6209
6213	6221	6223	6229	6232	6236	6256	6266	6269	6272	6287	6290	6292
6305	6306	6307	6310	6312	6313	6315	6317	6318	6325	6330	6341	6345
6350	6374	6396	6404	6407	6420	6425	6426	6427	6428	6430	6431	6441
6447	6448	6456	6460	6463	6465	6470	6473	6478	6481	6484	6489	6505
6509	6518	6523	6530	6539	6549	6557	6561	6563	6570	6571	6581	6588
6591	6612	6620	6623	6627	6631	6638	6639	6645	6650	6652	6654	6660
6662	6666	6672	6677	6704	6705	6706	6707	6708	6709	6711	6716	6728
6740	6743	6747	6752	6753	6755	6771	6781	6783	6792	6797	6805	6810
6811	6816	6831	6846	6849	6865	6907	6913	6916	6918	6930	6936	6942
6943	6944	6948	6950	6952	6955	6957	6958	6961	6962	6963	6965	6968
6971	6972	6979	6981	6986	6987	6989	6993	6997	7005	7010	7031	7035
7038	7042	7046	7053	7060	7062	7064	7070	7089	7092	7107	7109	7125
7143	7148	7152	7153	7154	7155	7156	7157	7158	7160	7165	7168	7172
7177	7178	7181	7185	7193	7215	7219	7226	7227	7229	7235	7237	7239
7243	7254	7255	7286	7327	7333	7334	7340	7343	7345	7348	7353	7355
7357	7363	7371	7373	7374	7379	7380	7381	7383	7388	7389	7393	7400
7403	7413	7417	7421	7424	7428	7432	7446	7447	7457	7480	7481	7488
7491	7494	7495	7500	7532	7542	7604	7606	7607	7608	7613	7615	7625
7627	7628	7635	7637	7638	7641	7645	7646	7650	7653	7655	7658	7662
7664	7666	7675	7682	7685	7687	7689	7692	7695	7700	7703	7706	7715
7723	7725	7738	7741	7745	7746	7759	7768	7772	7776	7781	7786	7791
7793	7797	7803	7805	7806	7815	7819	7830	7837	7841	7855	7860	7861
7863	7867	7883	7890	7897	7949	7960	7963	7965	7967	7970	7974	7979
7980	7982	7987	7993	8003	8004	8006	8010	8016	8017	8018	8019	8021
8023	8025	8027	8037	8038	8046	8047	8052	8054	8065	8068	8074	8078
8080	8094	8098	8101	8107	8129	8135	8137	8138	8142	8151	8157	8161
8185	8189	8193	8195	8203	8206	8216	8235	8238	8251	8257	8286	8292
8294	8297	8298	8300	8301	8302	8304	8306	8310	8313	8314	8315	8316
8335	8337	8348	8356	8367	8372	8375	8386	8390	8393	8396	8401	8403
8407	8410	8411	8412	8435	8438	8441	8442	8443	8459	8467	8471	8479
8488	8492	8512	8513	8514	8530	8535	8536	8542	8545	8546	8548	8552
8555	8560	8565	8569	8574	8575	8577	8580	8590	8591	8595	8602	8610
8628	8629	8633	8636	8641	8669	8679	8680	8686	8688	8690	8694	8695
8698	8703	8713	8715	8727	8731	8738	8744	8748	8753	8755	8757	8760
8762	8763	8775	8778	8780	8795	8796	8803	8805	8807	8810	8815	8817
8818	8820	8821	8828	8831	8832	8843	8846	8856	8864	8868	8874	8877
8892	8911	8916	8929	8930	8932	8933	8936	8940	8945	8948	8949	8953
8954	8958	8962	8964	8968	8974	8988	8989	8994	8998	9003	9006	9017
9018	9020	9022	9028	9037	9038	9041	9048	9062	9066	9067	9070	9075
9079	9084	9086	9098	9099	9116	9117	9118	9172	9217	9223	9244	9275

9321	9372	9373	9385	9392	9393	9395	9399	9400	9402	9403	9407	9408
9410	9414	9416	9417	9423	9425	9427	9428	9433	9451	9452	9453	9454
9455	9459	9460	9462	9466	9473	9477	9479	9481	9484	9492	9495	9500
9501	9502	9508	9514	9528	9531	9533	9534	9544	9546	9551	9559	9563
9564	9566	9578	9580	9586	9587	9589	9590	9593	9594	9595	9598	9599
9600	9605	9612	9617	9622	9628	9635	9636	9637	9639	9641	9642	9647
9648	9652	9654	9658	9665	9671	9674	9680	9684	9688	9691	9701	9703
9704	9705	9710	9715	9730	9732	9736	9743	9763	9768	9773	9784	9786
9795	9805	9811	9814	9815	9822	9838	9839	9853	9865	9866	9877	9899
9900	9902	9909	9912	9914	9917	9920	9921	9928	9932	9946	9949	9960
9967	9977	9987	9991	10072	10079	10131	10164	10167	10170	10174	10179	
10180	10188	10190	10191	10192	10194	10197	10198	10199	10201	10202	10205	
10206	10209	10210	10211	10217	10218	10220	10221	10233	10236	10240	10241	
10243	10245	10248	10250	10253	10255	10256	10261	10270	10276	10278	10280	
10282	10283	10285	10290	10293	10295	10299	10303	10304	10308	10309	10313	
10315	10320	10322	10328	10333	10341	10343	10344	10354	10359	10367	10383	
10388	10390	10403	10404	10408	10424	10433	10434	10435	10450	10451	10452	
10461	10467	10472	10482	10486	10488	10490	10511	10514	10518	10523	10526	
10527	10529	10533	10535	10540	10542	10561	10570	10587	10611	10620	10636	
10639	10641	10647	10650	10654	10655	10657	10662	10663	10664	10667	10668	
10675	10680	10681	10684	10686	10689	10693	10695	10698	10699	10702	10704	
10706	10713	10724	10728	10739	10748	10750	10752	10762	10776	10779	10784	
10791	10795	10809	10811	10815	10819	10834	10846	10848	10855	10867	10870	
10871	10889	10892	10894	10895	10897	10899	10905	10906	10907	10908	10911	
10930	10940	10948	10956	10957	10961	10967	10970	10977	10978	10982	10987	
10992	11001	11003	11007	11013	11020	11026	11038	11039	11041	11045	11046	
11055	11056	11060	11061	11064	11065	11068	11077	11083	11100	11102	11108	
11110	11126	11132	11140	11158	11161	11162	11165	11167	11168	11170	11183	
11186	11196	11199	11205	11206	11211	11213	11223	11225	11229	11236	11237	
11242	11257	11268	11270	11271	11273	11274	11275	11285	11286	11291	11292	
11294	11304	11306	11320	11341	11342	11344	11351	11357	11363	11369	11378	
11382	11383	11386	11388	11391	11404	11414	11434	11449	11451	11457	11462	
11469	11470	11477	11478	11487	11489	11490	11492	11493	11499	11503	11504	
11509	11512	11517	11518	11519	11520	11529	11530	11534	11537	11544	11546	
11547	11571	11574	11577	11588	11592	11598	11605	11614	11619	11624	11639	
11653	11655	11668	11682	11685	11729	11736	11738	11740	11742	11749	11752	
11753	11758	11764	11765	11767	11768	11774	11778	11788	11790	11798	11799	
11801	11803	11808	11810	11812	11819	11822	11823	11828	11837	11838	11841	
11843	11848	11850	11864	11874	11885	11887	11891	11905	11908	11920	11921	
11924	11933	11937	11941	11947	11955	11964	11968	11973	11981	12000	12006	
12008	12009	12020	12024	12037	12040	12043	12049	12051	12058	12061	12067	
12070	12071	12087	12141	12147	12157	12159	12162	12163	12169	12172	12174	
12176	12181	12184	12187	12193	12200	12202	12204	12206	12210	12212	12214	
12221	12222	12223	12227	12231	12234	12240	12265	12270	12279	12286	12291	
12295	12302	12310	12311	12315	12317	12318	12333	12349	12353	12373	12375	



12420	12422	12424	12426	12436	12437	12439	12440	12441	12442	12443	12446	
12447	12449	12451	12461	12464	12465	12467	12468	12474	12475	12477	12485	
12494	12496	12497	12509	12523	12535	12541	12549	12559	12566	12596	12604	
12621	12638	12649	12677	12681	12684	12688	12689	12690	12691	12692	12701	
12704	12712	12713	12717	12725	12726	12732	12733	12737	12738	12741	12744	
12746	12748	12754	12762	12776	12784	12786	12790	12795	12799	12803	12809	
12825	12828	12832	12837	12842	12845	12850	12851	12857	12858	12860	12868	
12876	12882	12888	12891	12894	12968	12969	12970	12973	12974	12976	12977	
12979	12988	12992	12994	13001	13004	13007	13010	13011	13014	13016	13018	
13024	13027	13041	13043	13044	13045	13055	13071	13076	13077	13078	13084	
13089	13090	13093	13102	13107	13134	13137	13157	13160	13170	13173	13209	
13234	13235	13237	13241	13242	13247	13248	13252	13254	13264	13266	13267	
13271	13274	13275	13280	13283	13287	13291	13295	13302	13306	13307	13317	
13321	13333	13352	13356	13423	13426	13429	13430	13431	13432	13433	13436	
13439	13441	13443	13448	13450	13453	13459	13461	13462	13471	13476	13483	
13487	13496	13502	13507	13513	13524	13532	13609	13611	13612	13617	13621	
13622	13624	13630	13632	13633	13638	13644	13647	13650	13658	13659	13662	
13663	13665	13668	13678	13689	13693	13698	13705	13710	13721	13727	13730	
13736	13747	13751	13755	13757	13762	13791	13842	13843	13851	13852	13854	
13858	13859	13861	13862	13865	13866	13868	13872	13877	13879	13880	13882	
13887	13894	13902	13905	13906	13908	13912	13915	13931	13933	13948	13957	
13960	13968	13972	13997	13999	14001	14005	14009	14010	14011	14013	14015	
14016	14025	14031	14039	14042	14053	14055	14073	14077	14084	14088	14092	
14094	14097	14098	14107	14121	14123	14130	14131	14135	14142	14144	14150	
14154	14156	14170	14175	14182	14184	14190	14193	14196	14202	14203	14213	
14216	14217	14218	14219	14224	14231	14233	14242	14244	14298	14300	14301	
14302	14307	14315	14318	14320	14325	14327	14328	14330	14332	14336	14338	
14339	14346	14354	14355	14358	14359	14366	14381	14383	14390	14394	14398	
14404	14407	14413	14420	14423	14440	14445	14449	14459	14463	14464	14466	
14468	14471	14475	14487	14505	14510	14516	14517	14519	14551	14553	14557	
14562	14565	14568	14569	14572	14577	14580	14581	14589	14598	14603	14614	
14619	14621	14629	14644	14646	14653	14660	14662	14686	14689	14693	14695	
14697	14700	14706	14711	14718	14723	14730	14732	14738	14748	14758	14764	
14794	14795	14799	14801	14804	14807	14810	14812	14817	14834	14835	14838	
14846	14860	14862	14871	14872	14877	14892	14895	14896	14897	14902	14909	
14924	14925	14929	14932	14939	14940	14942	14955	14976	14985	15008	15009	
15010	15012	15017	15019	15021	15027	15030	15032	15039	15047	15052	15059	
15061	15064	15073										